

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 3月15日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-074240

出 願 人

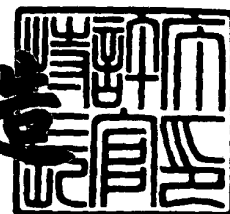
Applicant(s):

株式会社ニコン

2001年 6月12日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3055016

【書類名】 特許願  
【整理番号】 01-00204  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01L 21/027  
【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン  
内

【氏名】 谷津 修

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン  
内

【氏名】 渋谷 真人

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン  
内

【氏名】 豊田 光紀

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】

【識別番号】 100095256

【弁理士】

【氏名又は名称】 山口 孝雄

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-363225

【出願日】 平成12年11月29日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 033020

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9302511

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 照明光学装置および該照明光学装置を備えた露光装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光源手段からの光束に基づいて第 1 多数光源を形成するための第 1 オプティカルインテグレータと、前記第 1 多数光源からの光束に基づいてより多数の第 2 多数光源を形成するための第 2 オプティカルインテグレータとを備え、前記第 2 多数光源からの光束で被照射面を照明する照明光学装置において

前記第 1 オプティカルインテグレータと前記第 2 オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置されて、前記第 2 多数光源の全体の大きさを相似的に変更するための変倍光学系と、

前記第 1 オプティカルインテグレータへの入射光束の所定方向に沿った入射角度を変化させるために前記入射光束の縦横比を変更する縦横比変更素子とを備えていることを特徴とする照明光学装置。

【請求項 2】 光源手段からの光束に基づいて多数光源を形成するためのオプティカルインテグレータと、該オプティカルインテグレータからの光束を被照射面へ導くための導光光学系とを備えた照明光学装置において、

前記光源手段からの光束を所定の断面形状を有する光束または所定の光強度分布を有する光束に変換するための光束変換素子と、

前記光束変換素子と前記オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置されて、前記オプティカルインテグレータへの入射光束の所定方向に沿った入射角度を変化させるために前記入射光束の縦横比を変更する縦横比変更素子とを備えていることを特徴とする照明光学装置。

【請求項 3】 前記縦横比変更素子は、光軸を中心として回転可能に構成されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の照明光学装置。

【請求項 4】 前記縦横比変更素子は、前記オプティカルインテグレータまたは前記第 1 オプティカルインテグレータへの入射光束の第 1 方向に沿った入射角度を変化させるための第 1 縦横比変更素子と、前記オプティカルインテグレータまたは前記第 1 オプティカルインテグレータへの入射光束の前記第 1 方向と直

交する第 2 方向に沿った入射角度を変化させるための第 2 縦横比変更素子とを有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の照明光学装置。

【請求項 5】 前記縦横比変更素子は、前記所定方向に沿って凹状断面の屈折面を有する第 1 プリズムと、該第 1 プリズムの前記凹状断面の屈折面と相補的に形成された凸状断面の屈折面を有する第 2 プリズムとを有し、前記第 1 プリズムおよび前記第 2 プリズムのうち少なくともいずれか一方が光軸に沿って移動可能に構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の照明光学装置。

【請求項 6】 前記第 1 プリズムの前記凹状断面は、V 字状の形状を有することを特徴とする請求項 5 に記載の照明光学装置。

【請求項 7】 請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の照明光学装置と、前記被照射面に配置されたマスクのパターンを感光性基板に投影露光するための投影光学系とを備えていることを特徴とする露光装置。

【請求項 8】 請求項 7 に記載の露光装置により前記マスクのパターンを前記感光性基板上に露光する露光工程と、前記露光工程により露光された前記感光性基板を現像する現像工程とを含むことを特徴とするマイクロデバイスの製造方法。

【請求項 9】 被照明物体を照明する照明光学系を備えた照明光学装置において、

前記照明光学系は、該照明光学系の瞳での照明光の大きさおよび形状のうちの少なくとも一方を可変とする可変手段を備え、

前記可変手段は、前記照明光学系の光軸と直交する第 1 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 1 変位手段と、

前記光軸と直交し且つ前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 2 変位手段と、

前記照明光の大きさを可変とする変倍光学系とを有することを特徴とする照明光学装置。

【請求項 10】 前記照明光学系は、前記照明光の形状を所望の光束形状に変換し、該所望の光束形状に変換された照明光を前記可変手段へ導く光形状変換

手段を備えていることを特徴とする請求項 9 に記載の照明光学装置。

【請求項 1 1】 前記光形状変換手段は、前記照明光の形状を第 1 の光束形状に変換する第 1 回折光学部材と、該第 1 回折光学部材と交換可能に設けられて前記照明光の形状を第 2 の光束形状に変換する第 2 回折光学部材とを有することを特徴とする請求項 1 0 に記載の照明光学装置。

【請求項 1 2】 前記照明光学系は、前記可変手段と前記被照明物体との間の光路中に配置されて前記被照明物体を均一に照明するオプティカルインテグレータを備えていることを特徴とする請求項 9 乃至 1 1 のいずれか 1 項に記載の照明光学装置。

【請求項 1 3】 マスクのパターンを感光性基板に露光する露光方法において、

照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、

前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程とを含み、

前記照明工程は、前記照明光学系の瞳での照明光を輪帯状に変換する作用を付与する輪帯作用付与工程と、前記照明光学系の光軸と直交する第 1 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 1 変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 2 変位工程とを含むことを特徴とする露光方法。

【請求項 1 4】 前記照明工程は、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程をさらに含むことを特徴とする請求項 1 3 に記載の露光方法。

【請求項 1 5】 マスクのパターンを感光性基板に露光する露光方法において、

照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、

前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程とを含み、

前記照明工程は、前記照明光学系の瞳において前記照明光学系の光軸と直交する第 1 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に照明光を変位させる第 1 変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 2 変位工程と、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程とを含むことを特徴とする露光方法。

【請求項 1 6】 マスクのパターンを感光性基板に露光する露光方法において、

照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、  
前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程とを含み、  
前記照明工程は、前記マスクに対する照明条件を変更する変更工程を含み、  
前記変更工程は、前記照明光学系の第 1 照明条件を設定する第 1 設定工程と、  
前記照明光学系の第 2 照明条件を設定する第 2 設定工程との少なくとも一方を選択する選択工程を含み、

前記第 1 設定工程は、前記照明光学系の瞳での照明光を輪帯状に変換する作用を付与する輪帯作用付与工程と、前記照明光学系の光軸と直交する第 1 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 1 変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 2 変位工程とを含み、

前記第 2 設定工程は、前記照明光学系の光軸と直交する第 1 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 1 変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 2 変位工程と、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程とを含むことを特徴とする露光方法。

【請求項 1 7】 被照明物体を照明する照明光学系を備えた照明光学装置において、

前記照明光学系は、該照明光学系の瞳での照明光の大きさおよび形状のうちの少なくとも一方を可変とする可変手段を備え、

前記可変手段は、前記照明光を所望の輪帯比を持つ輪帯状に変換する作用を付与する輪帯比可変手段と、前記照明光学系の光軸と直交する第 1 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 1 変位手段とを有することを特徴とする照明光学装置。

【請求項 1 8】 前記可変手段は、前記照明光の大きさを可変とする変倍光学系を有することを特徴とする請求項 1 7 に記載の照明光学装置。

【請求項 1 9】 前記可変手段は、前記光軸と直交し且つ前記第 1 方向と交

差する第 2 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 2 変位手段を有することを特徴とする請求項 1 7 または 1 8 に記載の照明光学装置。

【請求項 2 0】 前記照明光学系は、前記照明光の形状を所望の光束形状に変換し、該所望の光束形状に変換された照明光を前記可変手段へ導く光形状変換手段を備えていることを特徴とする請求項 1 7 乃至 1 9 のいずれか 1 項に記載の照明光学装置。

【請求項 2 1】 前記光形状変換手段は、前記照明光の形状を第 1 の光束形状に変換する第 1 回折光学部材と、該第 1 回折光学部材と交換可能に設けられて前記照明光の形状を第 2 の光束形状に変換する第 2 回折光学部材とを有することを特徴とする請求項 2 0 に記載の照明光学装置。

【請求項 2 2】 前記照明光学系は、前記可変手段と前記被照明物体との間の光路中に配置されて前記被照明物体を均一に照明するオプティカルインテグレータを備えていることを特徴とする請求項 1 7 乃至 2 1 のいずれか 1 項に記載の照明光学装置。

【請求項 2 3】 マスクのパターンを感光性基板に露光する露光方法において、

照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、

前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程とを含み、

前記照明工程は、前記照明光学系の瞳での照明光の大きさおよび形状のうちの少なくとも一方を可変とする可変工程を含み、

前記可変工程は、前記照明光を所望の輪帯比を持つ輪帯状に変換する作用を付与する輪帯比可変工程と、前記照明光学系の光軸と直交する第 1 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 1 変位工程とを含むことを特徴とする露光方法。

【請求項 2 4】 前記可変工程は、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程をさらに含むことを特徴とする請求項 2 3 に記載の露光方法。

【請求項 2 5】 前記可変工程は、前記光軸と直交し且つ前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 2 変位工程をさらに含むことを特徴とする請求項 2 3 または 2 4 に記載の露光方法。



【請求項 2 6】 前記照明工程は、前記可変工程の前に、前記照明光の形状を所望の光束形状に変換する光形状変換工程をさらに含むことを特徴とする請求項 2 3 乃至 2 5 のいずれか 1 項に記載の露光方法。

【請求項 2 7】 前記光形状変換工程は、第 1 回折光学部材を用いて前記照明光の形状を第 1 の光束形状に変換する第 1 回折工程と、前記第 1 回折光学部材と交換可能に設けられた第 2 回折光学部材を用いて前記照明光の形状を第 2 の光束形状に変換する第 2 回折工程とを含むことを特徴とする請求項 2 6 に記載の露光方法。

【請求項 2 8】 前記照明工程は、前記可変工程の後に、オプティカルインテグレータを用いて前記被照明物体を均一に照明する均一照明工程を含むことを特徴とする請求項 2 3 乃至 2 7 のいずれか 1 項に記載の露光方法。

【請求項 2 9】 マスクのパターンを感光性基板に露光する露光方法において、

照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、  
前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程とを含み、  
前記照明工程は、前記マスクに対する照明条件を変更する変更工程を含み、  
前記変更工程は、前記照明光学系の第 1 照明条件を設定する第 1 設定工程と、  
前記照明光学系の第 2 照明条件を設定する第 2 設定工程との少なくとも一方を選択する選択工程を含み、

前記第 1 設定工程は、前記照明光学系の瞳での照明光を所望の輪帯比を持つ輪帯状に変換する作用を付与する輪帯比可変工程と、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程とを含み、

前記第 2 設定工程は、前記照明光学系の光軸と直交する所定方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる変位工程と、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程とを含むことを特徴とする露光方法。

【請求項 3 0】 マスクのパターンを感光性基板に露光する露光方法において、

照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、  
前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程とを含み、

前記照明工程は、前記照明光学系の瞳での照明光を所望の輪帯比を持つ輪帯状に変換する作用を付与する輪帯比可変工程と、前記照明光学系の光軸と直交する第 1 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 1 変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 2 変位工程とを含むことを特徴とする露光方法。

【請求項 3 1】 マスクのパターンを感光性基板に露光する露光方法において、

照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、

前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程とを含み、

前記照明工程は、前記マスクに対する照明条件を変更する変更工程を含み、

前記変更工程は、前記照明光学系の第 1 照明条件を設定する第 1 設定工程、前記照明光学系の第 2 照明条件を設定する第 2 設定工程、および前記照明光学系の第 3 照明条件を設定する第 3 設定工程のうちの少なくとも 1 つを選択する選択工程を含み、

前記第 1 設定工程は、前記照明光学系の瞳での照明光を所望の輪帯比を持つ輪帯状に変換する作用を付与する輪帯比可変工程と、前記照明光学系の光軸と直交する第 1 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 1 変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 2 変位工程とを含み、

前記第 2 設定工程は、前記照明光を所望の輪帯比を持つ輪帯状に変換する作用を付与する輪帯比可変工程と、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程とを含み、

前記第 3 設定工程は、前記照明光学系の光軸と直交する第 1 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 1 変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 2 変位工程と、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程とを含むことを特徴とする露光方法。

【請求項 3 2】 前記被照明物体としてのマスクを照明するための請求項 9

乃至 1 2 および請求項 1 7 乃至 2 2 のいずれか 1 項に記載の照明光学装置と、  
前記マスクのパターン像を感光性基板に投影するための投影光学系とを備えていることを特徴とする露光装置。

【請求項 3 3】 請求項 3 2 に記載の露光装置を用いて前記マスクのパターンを前記感光性基板に露光する露光工程と、

前記露光工程により露光された前記感光性基板を現像する現像工程とを含むことを特徴とするマイクロデバイスの製造方法。

【請求項 3 4】 請求項 1 3 乃至 1 6 および請求項 2 3 乃至 3 1 のいずれか 1 項に記載の露光方法を用いて前記マスクのパターンを前記感光性基板に露光する露光工程と、

前記露光工程により露光された前記感光性基板を現像する現像工程とを含むことを特徴とするマイクロデバイスの製造方法。

【請求項 3 5】 マスクのパターンを感光性基板に露光する露光方法において、

照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、

投影光学系を用いて前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程と、

前記投影光学系の光学特性を計測する計測工程とを含み、

前記照明工程は、前記投影工程を実行するのに際して照明条件としての  $\sigma$  値を  $0.4 \leq \sigma \leq 0.95$  の範囲に設定する露光条件設定工程と、

前記計測工程を実行するのに際して照明条件としての  $\sigma$  値を  $0.01 \leq \sigma \leq 0.3$  の範囲に設定する計測条件設定工程とを含むことを特徴とする露光方法。

【請求項 3 6】 前記投影工程を実行するのに際して、前記マスクと前記感光性基板とを走査方向に沿って移動させる走査工程をさらに含み、

前記照明工程は、長手方向と短手方向とを有する矩形状の照明領域を前記マスク上に形成する工程を含み、

前記照明領域の短手方向の長さ  $L_s$ 、前記照明領域の長手方向の長さを  $L_l$  とするとき、 $0.05 < L_s / L_l < 0.7$  の関係を満たすことを特徴とする請求項 3 5 に記載の露光方法。

【請求項 3 7】 マスクのパターンを感光性基板に露光する露光装置において、

前記マスクを照明する照明光学系と、

前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影光学系とを備え、

前記照明光学系は、前記マスクのパターンを前記感光性基板に露光する際に、照明条件としての $\sigma$ 値を $0.4 \leq \sigma \leq 0.95$ の範囲に設定すると共に、前記投影光学系の光学特性を計測する計測する際に、照明条件としての $\sigma$ 値を $0.01 \leq \sigma \leq 0.3$ の範囲に設定する照明条件設定手段を有することを特徴とする露光装置。

【請求項 3 8】 前記マスクのパターンを前記感光性基板に露光する際に、前記マスクと前記感光性基板とを走査方向に沿って移動させる走査手段をさらに備え、

前記照明光学系により前記マスクに形成される前記照明領域の短手方向の長さを $L_s$ とし、前記照明光学系により前記マスクに形成される前記照明領域の長手方向の長さを $L_l$ とすると、 $0.05 < L_s / L_l < 0.7$ の関係を満たすことを特徴とする請求項 3 7 に記載の露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は照明光学装置および該照明光学装置を備えた露光装置に関し、特に半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等のマイクロデバイスをリソグラフィ工程で製造するための露光装置に好適な照明光学装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

この種の典型的な露光装置においては、光源から射出された光束が、オブティカルインテグレータとしてのフライアイレンズを介して、多数の光源からなる実質的な面光源としての二次光源を形成する。二次光源からの光束は、フライアイレンズの後側焦点面の近傍に配置された開口絞りを介して制限された後、コンデンサーレンズに入射する。

## 【0003】

コンデンサーレンズにより集光された光束は、所定のパターンが形成されたマスクを重疊的に照明する。マスクのパターンを透過した光は、投影光学系を介してウェハ上に結像する。こうして、ウェハ上には、マスクパターンが投影露光（転写）される。なお、マスクに形成されたパターンは高集積化されており、この微細パターンをウェハ上に正確に転写するにはウェハ上において均一な照度分布を得ることが不可欠である。

## 【0004】

## 【発明が解決しようとする課題】

そこで、フライアイレンズの後側焦点面に円形状の二次光源を形成し、その大きさを変化させて照明のコヒーレンシ $\sigma$ （ $\sigma$ 値＝開口絞り径／投影光学系の瞳径、あるいは $\sigma$ 値＝照明光学系の射出側開口数／投影光学系の入射側開口数）を変化させる技術が注目されている。また、フライアイレンズの後側焦点面に輪帯状や4極状の二次光源を形成し、投影光学系の焦点深度や解像力を向上させる技術が注目されている。

## 【0005】

しかしながら、上述のような従来技術では、円形状の二次光源に基づく通常の円形照明の場合も、輪帯状や4極状の二次光源に基づく変形照明（輪帯照明や4極照明）の場合も、被照射面であるマスク上の一点に入射する光束の断面形状がマスク上の直交する二方向に関して同じ位置関係にある。換言すると、従来技術では、被照射面上の直交する二方向で照明条件が同じである。その結果、マスクパターンに方向性がある場合、マスク上の直交する二方向で最適な照明条件を実現することができない。ところで、また、近年においては、適切な照明条件のもとでマスクのパターンを正確に転写することと、同時に、マスクのパターンを正確に転写するのに際して、投影光学系の光学性能を高精度で確認し得ることが切望されている。

## 【0006】

本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、被照射面上の直交する二方向で互いに異なる照明条件を実現することのできる、照明光学装置および該照

明光学装置を備えた露光装置を提供することを目的とする。また、本発明は、パターンに方向性があるマスク上の直交する二方向で最適な照明条件を設定することのできる露光装置を用いて、良好な照明条件のもとで良好なマイクロデバイスを製造することのできるマイクロデバイスの製造方法を提供することを目的とする。さらに、また、本発明は、適切な照明条件のもとでマスクのパターンを正確に転写することができ、同時に、マスクのパターンを正確に転写するのに際して、投影光学系の光学性能を高精度で確認し得る露光装置や露光方法等を提供することも目的とする。

## 【 0 0 0 7 】

## 【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するために、本発明の第 1 発明では、光源手段からの光束に基づいて第 1 多数光源を形成するための第 1 オプティカルインテグレータと、前記第 1 多数光源からの光束に基づいてより多数の第 2 多数光源を形成するための第 2 オプティカルインテグレータとを備え、前記第 2 多数光源からの光束で被照射面を照明する照明光学装置において、

前記第 1 オプティカルインテグレータと前記第 2 オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置されて、前記第 2 多数光源の全体の大きさを相似的に変更するための変倍光学系と、

前記第 1 オプティカルインテグレータへの入射光束の所定方向に沿った入射角度を変化させるために前記入射光束の縦横比を変更する縦横比変更素子とを備えていることを特徴とする照明光学装置を提供する。

## 【 0 0 0 8 】

本発明の第 2 発明では、光源手段からの光束に基づいて多数光源を形成するためのオプティカルインテグレータと、該オプティカルインテグレータからの光束を被照射面へ導くための導光光学系とを備えた照明光学装置において、

前記光源手段からの光束を所定の断面形状を有する光束または所定の光強度分布を有する光束に変換するための光束変換素子と、

前記光束変換素子と前記オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置されて、前記オプティカルインテグレータへの入射光束の所定方向に沿った入射角

度を変化させるために前記入射光束の縦横比を変更する縦横比変更素子とを備えていることを特徴とする照明光学装置を提供する。

【 0 0 0 9 】

第 1 発明または第 2 発明の好ましい態様によれば、前記縦横比変更素子は、光軸を中心として回転可能に構成されている。あるいは、前記縦横比変更素子は、前記オプティカルインテグレータまたは前記第 1 オプティカルインテグレータへの入射光束の第 1 方向に沿った入射角度を変化させるための第 1 縦横比変更素子と、前記オプティカルインテグレータまたは前記第 1 オプティカルインテグレータへの入射光束の前記第 1 方向と直交する第 2 方向に沿った入射角度を変化させるための第 2 縦横比変更素子とを有することが好ましい。

【 0 0 1 0 】

また、第 1 発明の好ましい態様によれば、前記縦横比変更素子は、前記所定方向に沿って凹状断面の屈折面を有する第 1 プリズムと、該第 1 プリズムの前記凹状断面の屈折面と相補的に形成された凸状断面の屈折面を有する第 2 プリズムとを有し、前記第 1 プリズムおよび前記第 2 プリズムのうち少なくともいずれか一方が光軸に沿って移動可能に構成されている。この場合、前記第 1 プリズムの前記凹状断面は、V 字状の形状を有することが好ましい。

【 0 0 1 1 】

本発明の第 3 発明では、第 1 発明または第 2 発明の照明光学装置と、前記被照射面に配置されたマスクのパターンを感光性基板に投影露光するための投影光学系とを備えていることを特徴とする露光装置を提供する。

【 0 0 1 2 】

本発明の第 4 発明では、第 3 発明の露光装置により前記マスクのパターンを前記感光性基板上に露光する露光工程と、前記露光工程により露光された前記感光性基板を現像する現像工程とを含むことを特徴とするマイクロデバイスの製造方法を提供する。

【 0 0 1 3 】

本発明の第 5 発明では、被照明物体を照明する照明光学系を備えた照明光学装置において、

前記照明光学系は、該照明光学系の瞳での照明光の大きさおよび形状のうちの少なくとも一方を可変とする可変手段を備え、

前記可変手段は、前記照明光学系の光軸と直交する第 1 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 1 変位手段と、

前記光軸と直交し且つ前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 2 変位手段と、

前記照明光の大きさを可変とする変倍光学系とを有することを特徴とする照明光学装置を提供する。

【 0 0 1 4 】

第 5 発明の好ましい態様によれば、前記照明光学系は、前記照明光の形状を所望の光束形状に変換し、該所望の光束形状に変換された照明光を前記可変手段へ導く光形状変換手段を備えている。この場合、前記光形状変換手段は、前記照明光の形状を第 1 の光束形状に変換する第 1 回折光学部材と、該第 1 回折光学部材と交換可能に設けられて前記照明光の形状を第 2 の光束形状に変換する第 2 回折光学部材とを有することが好ましい。また、前記照明光学系は、前記可変手段と前記被照明物体との間の光路中に配置されて前記被照明物体を均一に照明するオプティカルインテグレータを備えていることが好ましい。

【 0 0 1 5 】

本発明の第 6 発明では、マスクのパターンを感光性基板に露光する露光方法において、照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程とを含み、前記照明工程は、前記照明光学系の瞳での照明光を輪帯状に変換する作用を付与する輪帯作用付与工程と、前記照明光学系の光軸と直交する第 1 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 1 変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 2 変位工程とを含むことを特徴とする露光方法を提供する。この場合、前記照明工程は、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程をさらに含むことが好ましい。

【 0 0 1 6 】

本発明の第 7 発明では、マスクのパターンを感光性基板に露光する露光方法に



において、照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程とを含み、前記照明工程は、前記照明光学系の瞳において前記照明光学系の光軸と直交する第 1 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に照明光を変位させる第 1 変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 2 変位工程と、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程とを含むことを特徴とする露光方法を提供する。

## 【 0 0 1 7 】

本発明の第 8 発明では、マスクのパターンを感光性基板に露光する露光方法において、照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程とを含み、前記照明工程は、前記マスクに対する照明条件を変更する変更工程を含み、前記変更工程は、前記照明光学系の第 1 照明条件を設定する第 1 設定工程と、前記照明光学系の第 2 照明条件を設定する第 2 設定工程との少なくとも一方を選択する選択工程を含み、前記第 1 設定工程は、前記照明光学系の瞳での照明光を輪帯状に変換する作用を付与する輪帯作用付与工程と、前記照明光学系の光軸と直交する第 1 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 1 変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 2 変位工程とを含み、前記第 2 設定工程は、前記照明光学系の光軸と直交する第 1 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 1 変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 2 変位工程と、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程とを含むことを特徴とする露光方法を提供する。

## 【 0 0 1 8 】

本発明の第 9 発明では、被照明物体を照明する照明光学系を備えた照明光学装置において、

前記照明光学系は、該照明光学系の瞳での照明光の大きさおよび形状のうちの少なくとも一方を可変とする可変手段を備え、

前記可変手段は、前記照明光を所望の輪帯比を持つ輪帯状に変換する作用を付与する輪帯比可変手段と、前記照明光学系の光軸と直交する第 1 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 1 変位手段とを有することを特徴とする照明光学装置を提供する。

## 【 0 0 1 9 】

第 9 発明の好ましい態様によれば、前記可変手段は、前記照明光の大きさを可変とする変倍光学系を有する。また、前記可変手段は、前記光軸と直交し且つ前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 2 変位手段を有することが好ましい。さらに、前記照明光学系は、前記照明光の形状を所望の光束形状に変換し、該所望の光束形状に変換された照明光を前記可変手段へ導く光形状変換手段を備えていることが好ましい。この場合、前記光形状変換手段は、前記照明光の形状を第 1 の光束形状に変換する第 1 回折光学部材と、該第 1 回折光学部材と交換可能に設けられて前記照明光の形状を第 2 の光束形状に変換する第 2 回折光学部材とを有することが好ましい。また、前記照明光学系は、前記可変手段と前記被照明物体との間の光路中に配置されて前記被照明物体を均一に照明するオプティカルインテグレータを備えていることが好ましい。

## 【 0 0 2 0 】

本発明の第 1 0 発明では、マスクのパターンを感光性基板に露光する露光方法において、照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程とを含み、前記照明工程は、前記照明光学系の瞳での照明光の大きさおよび形状のうちの少なくとも一方を可変とする可変工程を含み、前記可変工程は、前記照明光を所望の輪帯比を持つ輪帯状に変換する作用を付与する輪帯比可変工程と、前記照明光学系の光軸と直交する第 1 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 1 変位工程とを含むことを特徴とする露光方法を提供する。

## 【 0 0 2 1 】

第 1 0 発明の好ましい態様によれば、前記可変工程は、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程をさらに含む。また、前記可変工程は、前記光軸と直交し且

つ前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 2 変位工程をさらに含むことが好ましい。さらに、前記照明工程は、前記可変工程の前に、前記照明光の形状を所望の光束形状に変換する光形状変換工程をさらに含むことが好ましい。この場合、前記光形状変換工程は、第 1 回折光学部材を用いて前記照明光の形状を第 1 の光束形状に変換する第 1 回折工程と、前記第 1 回折光学部材と交換可能に設けられた第 2 回折光学部材を用いて前記照明光の形状を第 2 の光束形状に変換する第 2 回折工程とを含むことが好ましい。また、前記照明工程は、前記可変工程の後に、オプティカルインテグレータを用いて前記被照明物体を均一に照明する均一照明工程を含むことが好ましい。

#### 【 0 0 2 2 】

本発明の第 1 1 発明では、マスクのパターンを感光性基板に露光する露光方法において、照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程とを含み、前記照明工程は、前記マスクに対する照明条件を変更する変更工程を含み、前記変更工程は、前記照明光学系の第 1 照明条件を設定する第 1 設定工程と、前記照明光学系の第 2 照明条件を設定する第 2 設定工程との少なくとも一方を選択する選択工程を含み、前記第 1 設定工程は、前記照明光学系の瞳での照明光を所望の輪帯比を持つ輪帯状に変換する作用を付与する輪帯比可変工程と、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程とを含み、前記第 2 設定工程は、前記照明光学系の光軸と直交する所定方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる変位工程と、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程とを含むことを特徴とする露光方法を提供する。

#### 【 0 0 2 3 】

本発明の第 1 2 発明では、マスクのパターンを感光性基板に露光する露光方法において、照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程とを含み、前記照明工程は、前記照明光学系の瞳での照明光を所望の輪帯比を持つ輪帯状に変換する作用を付与する輪帯比可変工程と、前記照明光学系の光軸と直交する第 1 方向に沿って前記

光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第1変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第1方向と交差する第2方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第2変位工程とを含むことを特徴とする露光方法を提供する。

## 【0024】

本発明の第13発明では、マスクのパターンを感光性基板に露光する露光方法において、照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程とを含み、前記照明工程は、前記マスクに対する照明条件を変更する変更工程を含み、前記変更工程は、前記照明光学系の第1照明条件を設定する第1設定工程、前記照明光学系の第2照明条件を設定する第2設定工程、および前記照明光学系の第3照明条件を設定する第3設定工程のうちの少なくとも1つを選択する選択工程を含み、前記第1設定工程は、前記照明光学系の瞳での照明光を所望の輪帯比を持つ輪帯状に変換する作用を付与する輪帯比可変工程と、前記照明光学系の光軸と直交する第1方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第1変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第1方向と交差する第2方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第2変位工程とを含み、前記第2設定工程は、前記照明光を所望の輪帯比を持つ輪帯状に変換する作用を付与する輪帯比可変工程と、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程とを含み、前記第3設定工程は、前記照明光学系の光軸と直交する第1方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第1変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第1方向と交差する第2方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第2変位工程と、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程とを含むことを特徴とする露光方法を提供する。

## 【0025】

本発明の第14発明では、前記被照明物体としてのマスクを照明するための第5発明または第9発明に記載の照明光学装置と、前記マスクのパターン像を感光性基板に投影するための投影光学系とを備えていることを特徴とする露光装置を提供する。本発明の第15発明では、第14発明の露光装置を用いて前記マスクのパターンを前記感光性基板に露光する露光工程と、前記露光工程により露光さ

れた前記感光性基板を現像する現像工程とを含むことを特徴とするマイクロデバイスの製造方法を提供する。本発明の第 1 6 発明では、第 6 発明～第 8 発明または第 1 0 発明～第 1 3 発明の露光方法を用いて前記マスクのパターンを前記感光性基板に露光する露光工程と、前記露光工程により露光された前記感光性基板を現像する現像工程とを含むことを特徴とするマイクロデバイスの製造方法を提供する。

## 【 0 0 2 6 】

本発明の第 1 7 発明では、マスクのパターンを感光性基板に露光する露光方法において、照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、投影光学系を用いて前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程と、前記投影光学系の光学特性を計測する計測工程とを含み、前記照明工程は、前記投影工程を実行するのに際して照明条件としての  $\sigma$  値を  $0.4 \leq \sigma \leq 0.95$  の範囲に設定する露光条件設定工程と、前記計測工程を実行するのに際して照明条件としての  $\sigma$  値を  $0.01 \leq \sigma \leq 0.3$  の範囲に設定する計測条件設定工程とを含むことを特徴とする露光方法を提供する。この場合、前記投影工程を実行するのに際して、前記マスクと前記感光性基板とを走査方向に沿って移動させる走査工程をさらに含み、前記照明工程は、長手方向と短手方向とを有する矩形状の照明領域を前記マスク上に形成する工程を含み、前記照明領域の短手方向の長さ  $L_s$ 、前記照明領域の長手方向の長さを  $L_l$  とするとき、 $0.05 < L_s / L_l < 0.7$  の関係を満たすことが好ましい。

## 【 0 0 2 7 】

本発明の第 1 8 発明では、マスクのパターンを感光性基板に露光する露光装置において、前記マスクを照明する照明光学系と、前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影光学系とを備え、前記照明光学系は、前記マスクのパターンを前記感光性基板に露光する際に、照明条件としての  $\sigma$  値を  $0.4 \leq \sigma \leq 0.95$  の範囲に設定すると共に、前記投影光学系の光学特性を計測する計測する際に、照明条件としての  $\sigma$  値を  $0.01 \leq \sigma \leq 0.3$  の範囲に設定する照明条件設定手段を有することを特徴とする露光装置を提供する。この場合、前記マスクのパターンを前記感光性基板に露光する際に、前記マスクと前記感光性基板と

を走査方向に沿って移動させる走査手段をさらに備え、前記照明光学系により前記マスクに形成される前記照明領域の短手方向の長さを $L_s$ とし、前記照明光学系により前記マスクに形成される前記照明領域の長手方向の長さを $L_l$ とするとき、 $0.05 < L_s / L_l < 0.7$ の関係を満たすことが好ましい。

#### 【0028】

##### 【発明の実施の形態】

本発明の典型的な実施形態においては、たとえば回折光学素子のような光束変換素子により、光源手段からの光束を4極状や輪帯状の光束に変換する。この4極状や輪帯状の光束は、所定の光学系により集光され、光軸に対して斜め方向から、マイクロフライアイレンズまたはマイクロレンズアレイ（以下、「マイクロフライアイ」という）のような第1オプティカルインテグレータへ入射する。こうして、マイクロフライアイにより第1多数光源が形成される。第1多数光源からの光束は、所定の光学系を介した後、フライアイレンズのような第2オプティカルインテグレータにより、第2多数光源すなわち4極状や輪帯状の二次光源を形成する。

#### 【0029】

本発明では、マイクロフライアイへの入射光束の所定方向に沿った入射角度を変化させるために、入射光束の縦横比を変更する縦横比変更素子を備えている。縦横比変更素子は、たとえば所定方向に沿ってV字状の凹状断面の屈折面を有する第1プリズムと、この第1プリズムのV字状の凹状断面の屈折面と相補的に形成されたV字状の凸状断面の屈折面を有する第2プリズムとを有する。そして、第1プリズムおよび第2プリズムのうち少なくともいずれか一方が光軸に沿って移動可能に構成されている。

#### 【0030】

したがって、第1プリズムの凹状屈折面と第2プリズムのV字状の凸状屈折面との間隔を変化させると、4極状や輪帯状の二次光源の全体の大きさが所定方向に沿って変化する。その結果、本発明の照明光学装置では、被照射面上の直交する二方向で互いに異なる照明条件を実現することができる。したがって、本発明の照明光学装置を組み込んだ露光装置では、パターンに方向性があるマスク上の

直交する二方向で最適な照明条件を設定することができ、良好な照明条件のもとで良好なマイクロデバイスを製造することができる。

## 【 0 0 3 1 】

本発明の実施形態を、添付図面に基づいて説明する。

図 1 は、本発明の第 1 実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。図 1 において、感光性基板であるウェハの法線方向に沿って Z 軸を、ウェハ面内において図 1 の紙面に平行な方向に Y 軸を、ウェハ面内において図 1 の紙面に垂直な方向に X 軸をそれぞれ設定している。なお、図 1 では、照明光学装置が 4 極照明を行うように設定されている。

## 【 0 0 3 2 】

図 1 の露光装置は、露光光（照明光）を供給するための光源 1 として、たとえば 2 4 8 n m（K r F）または 1 9 3 n m（A r F）の波長の光を供給するエキシマレーザー光源を備えている。光源 1 から Z 方向に沿って射出されたほぼ平行光束は、X 方向に沿って細長く延びた矩形状の断面を有し、一对のレンズ 2 a および 2 b からなるビームエキスパンダー 2 に入射する。各レンズ 2 a および 2 b は、図 1 の紙面内（Y Z 平面内）において負の屈折力および正の屈折力をそれぞれ有する。したがって、ビームエキスパンダー 2 に入射した光束は、図 1 の紙面内において拡大され、所定の矩形状の断面を有する光束に整形される。

## 【 0 0 3 3 】

整形光学系としてのビームエキスパンダー 2 を介したほぼ平行な光束は、折り曲げミラー 3 で Y 方向に偏向された後、4 極照明用の回折光学素子（D O E）4 に入射する。一般に、回折光学素子は、ガラス基板に露光光（照明光）の波長程度のピッチを有する段差を形成することによって構成され、入射ビームを所望の角度に回折する作用を有する。4 極照明用の回折光学素子 4 に入射した光束は、光軸 A X を中心として等角度で特定の 4 つの方向に沿って回折され、4 つの光束すなわち 4 極状の光束となる。このように、回折光学素子 4 は、光源 1 からの光束を 4 極状の光束に変換するための光束変換素子を構成している。

## 【 0 0 3 4 】

なお、回折光学素子 4 は、照明光路に対して挿脱自在に構成され、輪帯照明用

の回折光学素子 4 a や通常円形照明用の回折光学素子 4 b と切り換え可能に構成されている。輪帯照明用の回折光学素子 4 a および通常円形照明用の回折光学素子 4 b の構成および作用については後述する。ここで、4 極照明用の回折光学素子 4 と輪帯照明用の回折光学素子 4 a と通常円形照明用の回折光学素子 4 b との間の切り換えは、制御系 2 1 からの指令に基づいて動作する第 1 駆動系 2 2 により行われる。

## 【 0 0 3 5 】

回折光学素子 4 を介して形成された 4 極状の光束は、アフォーカルズームレンズ（変倍リレー光学系）5 に入射し、瞳面に 4 つの点像（点状の光源）を形成する。この 4 つの点像からの光は、ほぼ平行光束となってアフォーカルズームレンズ 5 から射出され、マイクロフライアイ 6 に入射する。なお、アフォーカルズームレンズ 5 は、回折光学素子 4 とマイクロフライアイ 6 の入射面とを光学的にほぼ共役な関係に維持し、且つアフォーカル系（無焦点光学系）を維持しながら、所定の範囲で倍率を連続的に変化させることができるように構成されている。ここで、アフォーカルズームレンズ 5 の倍率変化は、制御系 2 1 からの指令に基づいて動作する第 2 駆動系 2 3 により行われる。

## 【 0 0 3 6 】

こうして、マイクロフライアイ 6 の入射面には、光軸 A X に対してほぼ対称に斜め方向から光束が入射する。マイクロフライアイ 6 は、稠密に且つ縦横に配列された多数の正六角形状の正屈折力を有する微小レンズからなる光学素子である。一般に、マイクロフライアイは、たとえば平行平面ガラス板にエッチング処理を施して微小レンズ群を形成することによって構成される。

## 【 0 0 3 7 】

ここで、マイクロフライアイを構成する各微小レンズは、フライアイレンズを構成する各レンズエレメントよりも微小である。また、マイクロフライアイは、互いに隔絶されたレンズエレメントからなるフライアイレンズとは異なり、多数の微小レンズが互いに隔絶されることなく一体的に形成されている。しかしながら、正屈折力を有するレンズ要素が縦横に配置されている点でマイクロフライアイはフライアイレンズと同じである。なお、図 1 では、図面の明瞭化のために、



マイクロフライアイ 6 を構成する微小レンズの数を実際よりも非常に少なく表している。

## 【 0 0 3 8 】

したがって、マイクロフライアイ 6 に入射した光束は多数の微小レンズにより二次元的に分割され、各微小レンズの後側焦点面にはそれぞれ 1 つの 4 点状の光源が形成される。このように、マイクロフライアイ 6 は、光源 1 からの光束に基づいて多数の光源からなる第 1 多数光源を形成するための第 1 オプティカルインテグレータを構成している。

## 【 0 0 3 9 】

マイクロフライアイ 6 の後側焦点面に形成された多数の光源からの光束は、ズームレンズ（変倍光学系）7 を介して、第 2 オプティカルインテグレータとしてのフライアイレンズ 8 を重畳的に照明する。なお、ズームレンズ 7 は、所定の範囲で焦点距離を連続的に変化させることのできる  $\sigma$  値可変用の変倍光学系であって、マイクロフライアイ 6 の後側焦点面とフライアイレンズ 8 の後側焦点面とを光学的にほぼ共役に結んでいる。換言すると、ズームレンズ 7 は、マイクロフライアイ 6 の後側焦点面とフライアイレンズ 8 の入射面とを実質的にフーリエ変換の関係に結んでいる。

## 【 0 0 4 0 】

したがって、マイクロフライアイ 6 の後側焦点面に形成された多数の 4 点状の光源からの光束は、ズームレンズ 7 の後側焦点面に、ひいてはフライアイレンズ 8 の入射面に、光軸 A X に対して対称的に偏心した 4 つの照野からなる 4 極状の照野を形成する。この 4 極状の照野の大きさは、ズームレンズ 7 の焦点距離に依存して変化する。なお、ズームレンズ 7 の焦点距離の変化は、制御系 2 1 からの指令に基づいて動作する第 3 駆動系 2 4 により行われる。

## 【 0 0 4 1 】

フライアイレンズ 8 は、正の屈折力を有する多数のレンズエレメントを稠密に且つ縦横に配列することによって構成されている。なお、フライアイレンズ 8 を構成する各レンズエレメントは、マスク上において形成すべき照野の形状（ひいてはウェハ上において形成すべき露光領域の形状）と相似な矩形状の断面を有す

る。また、フライアイレンズ 8 を構成する各レンズエレメントの入射側の面は入射側に凸面を向けた球面状に形成され、射出側の面は射出側に凸面を向けた球面状に形成されている。したがって、フライアイレンズ 8 に入射した光束は多数のレンズエレメントにより二次元的に分割され、光束が入射した各レンズエレメントの後側焦点面には多数の光源がそれぞれ形成される。

## 【 0 0 4 2 】

こうして、図 2 に示すように、フライアイレンズ 8 の後側焦点面には、フライアイレンズ 8 への入射光束によって形成される照野とほぼ同じ光強度分布を有する二次光源、すなわち光軸 A X に対して対称的に偏心した 4 つの実質的な面光源 3 1 ~ 3 4 からなる 4 極状の二次光源が形成される。このように、フライアイレンズ 8 は、第 1 オプティカルインテグレータであるマイクロフライアイ 6 の後側焦点面に形成された第 1 多数光源からの光束に基づいてより多数の光源からなる第 2 多数光源を形成するための第 2 オプティカルインテグレータを構成している。

## 【 0 0 4 3 】

フライアイレンズ 8 の後側焦点面に形成された 4 極状の二次光源からの光束は、必要に応じて 4 極状の光透過部を有する開口絞りを介して制限された後、コンデンサー光学系 9 の集光作用を受けた後、所定のパターンが形成されたマスク M を重疊的に照明する。マスク M のパターンを透過した光束は、投影光学系 P L を介して、感光性基板であるウェハ W 上にマスクパターンの像を形成する。こうして、投影光学系 P L の光軸 A X と直交する平面 (X Y 平面) 内においてウェハ W を二次元的に駆動制御しながら一括露光またはスキャン露光を行うことにより、ウェハ W の各露光領域にはマスク M のパターンが逐次露光される。

## 【 0 0 4 4 】

なお、一括露光では、いわゆるステップ・アンド・リピート方式にしたがって、ウェハの各露光領域に対してマスクパターンを一括的に露光する。この場合、マスク M 上での照明領域の形状は正方形に近い矩形状であり、フライアイレンズ 8 の各レンズエレメントの断面形状も正方形に近い矩形状となる。一方、スキャン露光では、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式にしたがって、マスクお

よびウェハを投影光学系に対して相対移動させながらウェハの各露光領域に対してマスクパターンをスキャン露光する。この場合、マスクM上での照明領域の形状は短辺と長辺との比がたとえば1 : 3の矩形状であり、フライアイレンズ8の各レンズエレメントの断面形状もこれと相似な矩形状となる。

## 【 0 0 4 5 】

図2を再び参照すると、フライアイレンズ8の後側焦点面に形成される4極状の二次光源は、4つの正六角形状の面光源31～34から構成されている。ここで、各面光源の中心31a～34aは光軸AXから同じ距離だけ離れており、4つの中心31a～34aを結んで形成される四角形は、光軸AXを中心としてX方向およびZ方向に平行な辺を有する正方形である。すなわち、フライアイレンズ8により形成される4極状の二次光源は、X方向およびZ方向に関して同じ位置関係にある。

## 【 0 0 4 6 】

したがって、被照射面であるマスクM上の任意の一点に入射する光束の断面形状も、X方向およびZ方向に関して同じ位置関係を有する4極状になる。換言すると、マスクM上の直交する二方向（X方向およびY方向）で照明条件が同じになる。そこで、第1実施形態では、マスクM上の直交する二方向で互いに異なる照明条件を実現するために、アフォーカルズームレンズ5の光路中に、一对のプリズム10aおよび10bからなるV溝アキシコン10を配置している。

## 【 0 0 4 7 】

図3は、アフォーカルズームレンズの光路中に配置されたV溝アキシコン系（以下、単に「V溝アキシコン」という）を構成する一对のプリズムの構成を概略的に示す図である。図1および図3に示すように、V溝アキシコン10は、光源側から順に、光源側に平面を向け且つ被照射面側に凹状の屈折面を向けた第1プリズム10aと、被照射面側に平面を向け且つ光源側に凸状の屈折面を向けた第2プリズム10bとから構成されている。第1プリズム10aの凹状屈折面10cは、X方向に平行な2つの平面から構成され、Z方向に沿ってV字状の凸状断面を有する。

## 【 0 0 4 8 】

第2プリズム10bの凸状屈折面10dは、第1プリズム10aの凹状屈折面10cと互いに当接可能なように、換言すると第1プリズム10aの凹状屈折面10cと相補的に形成されている。すなわち、第2プリズム10bの凹状屈折面10dは、X方向に平行な2つの平面から構成され、Z方向に沿ってV字状の凹状断面を有する。また、第1プリズム10aおよび第2プリズム10bのうち少なくとも一方が光軸AXに沿って移動可能に構成され、凹状屈折面10cと凸状屈折面10dとの間隔が可変に構成されている。

## 【0049】

なお、V溝アキシコン10の間隔の変化、すなわち凹状屈折面10cと凸状屈折面10dとの間隔の変化は、制御系21からの指令に基づいて動作する第4駆動系25により行われる。また、制御系21には、ステップ・アンド・リピート方式またはステップ・アンド・スキャン方式にしたがって順次露光すべき各種のマスクに関する情報などがキーボードなどの入力手段20を介して入力される。

## 【0050】

ここで、第1プリズム10aの凹状屈折面10cと第2プリズム10bの凸状屈折面10dとが互いに当接している状態では、V溝アキシコン10は平行平板として機能し、形成される4極状の二次光源に及ぼす影響はない。しかしながら、第1プリズム10aの凹状屈折面10cと第2プリズム10bの凸状屈折面10dとを離間させると、V溝アキシコン10はX方向に沿って平行平板として機能するが、Z方向に沿ってビームエキスパンダーとして機能する。

## 【0051】

したがって、凹状屈折面10cと凸状屈折面10dとの間隔の変化に伴って、マイクロフライアイ6への入射光束のX方向に沿った入射角度は変化しないが、マイクロフライアイ6への入射光束のY方向に沿った入射角度は変化する。その結果、図2における各面光源31～34の中心31a～34aは、X方向には移動しないがZ方向に移動する。このように、V溝アキシコン10は、マイクロフライアイ6への入射光束のY方向に沿った入射角度を変化させるために入射光束の縦横比を変更する縦横比変更素子を構成している。

## 【0052】

図 4 は、V 溝アキシコンの間隔の変化、アフォーカルズームレンズの倍率の変化、およびズームレンズの焦点距離の変化が 4 極状の二次光源に及ぼす影響を模式的に説明する図である。図 4 (a) に示すように、V 溝アキシコン 10 の間隔が零のとき、すなわち凹状屈折面 10 c と凸状屈折面 10 d とが互いに当接しているとき、4 極状の二次光源を構成する各面光源は X 方向および Z 方向に関して同じ位置関係に形成される。そして、V 溝アキシコン 10 の間隔を零から所定の大きさに変化させると、図 4 (b) に示すように、各面光源はその形状および大きさを変えることなく Z 方向に移動し、各面光源の中心の X 方向に沿った間隔は変化しないが Z 方向に沿った間隔は拡大する。

#### 【 0 0 5 3 】

また、V 溝アキシコン 10 の間隔が零の状態において、アフォーカルズームレンズ 5 の倍率の変化させると、図 4 (c) に示すように、各面光源はその形状および大きさを変えることなく X 方向および Z 方向に同じ距離だけ移動し、各面光源の間隔は拡大または縮小する。さらに、V 溝アキシコン 10 の間隔が零の状態において、ズームレンズ 7 の焦点距離の変化させると、図 4 (d) に示すように、4 極状の二次光源の全体が相似的に拡大または縮小する。すなわち、各面光源はその形状を変えることなくその大きさが拡大または縮小するとともに、各面光源が X 方向および Z 方向に同じ距離だけ移動する。なお、レーザー照射によるプリズム部材 10 a および 10 b の劣化を回避するために、アフォーカルズームレンズ 5 の光路中において 4 つの点像が形成される集光点から間隔を隔ててプリズム部材 10 a および 10 b を配置することが好ましい。

#### 【 0 0 5 4 】

ところで、前述したように、回折光学素子 4 は、照明光路に対して挿脱自在に構成され、且つ輪帯照明用の回折光学素子 4 a や通常円形照明用の回折光学素子 4 b と切り換え可能に構成されている。以下、回折光学素子 4 に代えて回折光学素子 4 a を照明光路中に設定することによって得られる輪帯照明について簡単に説明する。

#### 【 0 0 5 5 】

4 極照明用の回折光学素子 4 に代えて輪帯照明用の回折光学素子 4 a を照明光

路中に設定すると、回折光学素子 4 a を介して輪帯状の光束が形成される。回折光学素子 4 a を介して形成された輪帯状の光束は、アフォーカルズームレンズ 5 に入射し、瞳面にリング状の像（リング状の光源）を形成する。このリング状の像からの光は、ほぼ平行光束となってアフォーカルズームレンズ 5 から射出され、マイクロフライアイ 6 の後側焦点面に第 1 多数光源を形成する。

## 【 0 0 5 6 】

マイクロフライアイ 6 により形成された第 1 多数光源からの光束は、ズームレンズ 7 を介してフライアイレンズ 8 の入射面に、光軸 A X を中心とした輪帯状の照野を形成する。その結果、フライアイレンズ 8 の後側焦点面には、入射面に形成された照野とほぼ同じ光強度を有する二次光源、すなわち光軸 A X を中心とした輪帯状の二次光源が形成される。

## 【 0 0 5 7 】

図 5 は、V 溝アキシコンの間隔の変化、アフォーカルズームレンズの倍率の変化、およびズームレンズの焦点距離の変化が輪帯状の二次光源に及ぼす影響を模式的に説明する図である。図 5 (a) に示すように、V 溝アキシコン 10 の間隔が零のとき、すなわち凹状屈折面 10 c と凸状屈折面 10 d とが互いに当接しているとき、輪帯状の二次光源を構成する各面光源は X 方向および Z 方向に関して同じ位置関係に形成される。そして、V 溝アキシコン 10 の間隔を零から所定の大きさに変化させると、図 5 (b) に示すように、輪帯状の二次光源はその幅を変えることなく、輪帯状の二次光源の全体の大きさが Z 方向に拡大し、Z 方向に延びた楕円環状の二次光源となる。

## 【 0 0 5 8 】

また、V 溝アキシコン 10 の間隔が零の状態において、アフォーカルズームレンズ 5 の倍率の変化させると、図 5 (c) に示すように、輪帯状の二次光源はその幅を変えることなく、その外径（大きさ）が拡大または縮小する。さらに、V 溝アキシコン 10 の間隔が零の状態において、ズームレンズ 7 の焦点距離の変化させると、図 5 (d) に示すように、輪帯状の二次光源の全体が相似的に拡大または縮小する。すなわち、輪帯状の二次光源の幅および外径がともに拡大または縮小する。

## 【 0 0 5 9 】

次いで、回折光学素子 4 または 4 a に代えて円形照明用の回折光学素子 4 b を照明光路中に設定することによって得られる通常円形照明について説明する。円形照明用の回折光学素子 4 b は、入射した矩形状の光束を円形状の光束に変換する機能を有する。したがって、回折光学素子 4 b により形成された円形状の光束は、アフォーカルズームレンズ 5 によりその倍率に応じて拡大または縮小され、マイクロフライアイ 6 に入射する。

## 【 0 0 6 0 】

こうして、マイクロフライアイ 6 の後側焦点面には、第 1 多数光源が形成される。マイクロフライアイ 6 の後側焦点面に形成された第 1 多数光源からの光束は、ズームレンズ 7 を介して、フライアイレンズ 8 の入射面において光軸 A X を中心とした円形状の照野を形成する。その結果、フライアイレンズ 8 の後側焦点面にも、光軸 A X を中心とした円形状の二次光源が形成される。

## 【 0 0 6 1 】

この場合、V 溝アキシコン 1 0 の間隔を零から所定の大きさに変化させると、円形状の二次光源は Z 方向に拡大し、Z 方向に延びた楕円状の二次光源となる。また、V 溝アキシコン 1 0 の間隔が零の状態において、アフォーカルズームレンズ 5 の倍率の変化させるか、あるいはズームレンズ 7 の焦点距離の変化させると、円形状の二次光源の全体が相似的に拡大または縮小する。すなわち、円形状の二次光源の外径（大きさ）が拡大または縮小する。

## 【 0 0 6 2 】

以上のように、第 1 実施形態では、V 溝アキシコン 1 0 の間隔を変化させることにより、二次光源の全体の大きさが X 方向には変化することなく Z 方向に変化する。その結果、マスク M 上の直交する二方向（X 方向および Y 方向）で互いに異なる照明条件を実現することができ、ひいてはパターンに方向性があるマスク M 上の直交する二方向で最適な照明条件を設定することができる。

## 【 0 0 6 3 】

なお、上述の説明では、図 6（a）に示すように、V 字状の凹状断面を有する第 1 プリズムと V 字状の凸状断面を有する第 2 プリズムとで V 溝アキシコン 1 0

を構成している。しかしながら、これに限定されることなく、図 6 (b) に示すように、V 字状の凹状断面および凸状断面の頂点近傍を光軸 AX に垂直な平面状に形成することもできる。また、輪帯照明または円形照明において外形が比較的円滑な楕円環状の二次光源または楕円状の二次光源を得るには、図 6 (c) に示すように、V 字状の凹状断面および凸状断面の頂点近傍を円筒形状に形成することが好ましい。

## 【 0 0 6 4 】

また、上述の説明では、V 溝アキシコン 10 の間隔を変化させることにより、二次光源の全体の大きさを X 方向には変化させることなく Z 方向に変化させている。しかしながら、図 7 (a) に示すように、V 溝アキシコン 10 を光軸 AX を中心として回転可能に構成することにより、二次光源の全体の大きさを所望の方向（たとえば X 方向など）に変化させることもできる。

## 【 0 0 6 5 】

また、図 7 (b) に示すように、作用方向が互いに直交する 2 組の V 溝アキシコンを配置することにより、二次光源の全体の大きさを X 方向および Z 方向にそれぞれ独立に変化させることもできる。この場合、2 組の V 溝アキシコンを一体的にあるいは独立に光軸 AX を中心として回転可能に構成することにより、二次光源の全体の大きさを任意の直交する二方向または任意の二方向にそれぞれ独立に変化させることもできる。

## 【 0 0 6 6 】

なお、上述の第 1 実施形態においては、光束変換素子としての回折光学素子 4、4 a および 4 b を、たとえばターレット方式で、あるいは公知のスライダ機構を利用して、照明光路中に位置決めするように構成することができる。

## 【 0 0 6 7 】

また、上述の第 1 実施形態では、マイクロフライアイ 6 を構成する微小レンズの形状を正六角形に設定している。これは、円形状の微小レンズでは、稠密に配列を行うことができず光量損失が発生するため、円形に近い多角形として正六角形を選定しているからである。しかしながら、マイクロフライアイ 6 を構成する各微小レンズの形状はこれに限定されることなく、たとえば矩形状を含む他の適



当な形状を用いることができる。

【 0 0 6 8 】

さらに、上述の第 1 実施形態では、通常の円形照明を行う際に回折光学素子 4 b を照明光路中に位置決めしているが、この回折光学素子 4 b の使用を省略することもできる。また、上述の第 1 実施形態では、光束変換素子として回折光学素子を用いているが、これに限定されることなく、たとえばマイクロフライアイや微小プリズムアレイなどを用いることもできる。ところで、本発明で利用することのできる回折光学素子に関する詳細な説明は、米国特許第 5, 8 5 0, 3 0 0 号公報などに開示されている。

【 0 0 6 9 】

また、上述の第 1 実施形態においては、二次光源からの光をコンデンサー光学系 9 によって集光して重疊的にマスク M を照明する構成としているが、コンデンサー光学系 9 とマスク M との間に、照明視野絞り（マスクブラインド）と、この照明視野絞りの像をマスク M 上に形成するリレー光学系とを配置しても良い。この場合、コンデンサー光学系 9 は、二次光源からの光を集光して重疊的に照明視野絞りを照明することになり、リレー光学系は、照明視野絞りの開口部（光透過部）の像をマスク M 上に形成することになる。

【 0 0 7 0 】

さらに、上述の第 1 実施形態においては、フライアイレンズ 8 を、複数の要素レンズを集積して形成しているが、これらをマイクロフライアイとすることも可能である。マイクロフライアイは、前述したように、光透過性基板にエッチングなどの手法により複数の微小レンズ面をマトリックス状に設けたものである。複数の光源像を形成する点に関して、フライアイレンズとマイクロフライアイとの間に機能上の差異は実質的には無いが、1つの要素レンズ（微小レンズ）の開口の大きさを極めて小さくできること、製造コストを大幅に削減できること、光軸方向の厚みを非常に薄くできることなどの点で、マイクロフライアイが有利である。

【 0 0 7 1 】

図 1 0 は、本発明の第 2 実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構

成を概略的に示す図である。第 2 実施形態は、第 1 実施形態と類似の構成を有するが、折り曲げミラー 3 とズームレンズ 7 との間の構成、フライアイレンズ 8 に代えてマイクロフライアイ（マイクロレンズアレイ）8 a が用いられていること、およびコンデンサー光学系 9 とマスク M との間の構成が第 1 実施形態と基本的に相違している。以下、第 1 実施形態との相違点に着目して、第 2 実施形態を説明する。なお、図 1 0 では、照明光学装置が 4 極照明を行うように設定されている。

#### 【 0 0 7 2 】

第 2 実施形態では、光源 1 から射出されたほぼ平行光束が、ビームエキスパンダー 2 および折り曲げミラー 3 を介して、4 極照明用の回折光学素子 1 1 a に入射する。回折光学素子 1 1 a は、矩形状の断面を有する平行光束が入射した場合、そのファーフールド（フラウンホーファー回折領域）において 4 極状の光強度分布を形成する機能を有する。4 極照明用の回折光学素子 1 1 a は、照明光路に対して挿脱自在に構成され、輪帯照明用の回折光学素子 1 1 b や円形照明用の回折光学素子 1 1 c と切り換え可能に構成されている。

#### 【 0 0 7 3 】

具体的には、回折光学素子 1 1 a は、光軸 A X に平行な所定の軸線回りに回転可能なターレット基板（回転板：図 1 0 では不図示）上に支持されている。ターレット基板には、特性の異なる複数の 4 極照明用の回折光学素子 1 1 a、特性の異なる複数の輪帯照明用の回折光学素子 1 1 b、および特性の異なる複数の円形照明用の回折光学素子 1 1 c が円周方向に沿って設けられている。また、ターレット基板は、その中心点を通り光軸 A X に平行な軸線回りに回転可能に構成されている。

#### 【 0 0 7 4 】

したがって、ターレット基板を回転させることにより、多数の回折光学素子 1 1 a ～ 1 1 c から選択された所望の回折光学素子を照明光路中に位置決めすることができる。なお、ターレット基板の回転（ひいては回折光学素子 1 1 a と 1 1 b と 1 1 c との間の切り換え）は、制御系 2 1 からの指令に基づいて動作する駆動系 2 6 により行われる。ただし、ターレット方式に限定されることなく、たと

えば周知のスライド方式により回折光学素子 1 1 a と 1 1 b と 1 1 c との間の切り換えを行うこともできる。

#### 【 0 0 7 5 】

光形状変換手段としての回折光学素子 1 1 a を介した光束は、アフォーカルレンズ（リレー光学系） 1 2 に入射する。アフォーカルレンズ 1 2 は、その前側焦点位置と回折光学素子 1 1 a の位置とがほぼ一致し且つその後側焦点位置と図中破線で示す所定面 1 3 の位置とがほぼ一致するように設定されたアフォーカル系（無焦点光学系）である。ここで、所定面 1 3 の位置は、第 1 実施形態においてマイクロフライアイ 6 が設置されている位置に対応している。

#### 【 0 0 7 6 】

したがって、回折光学素子 1 1 a に入射したほぼ平行光束は、アフォーカルレンズ 1 2 の瞳面に 4 極状の光強度分布を形成した後、ほぼ平行光束となってアフォーカルレンズ 1 2 から射出される。なお、アフォーカルレンズ 1 2 の前側レンズ群 1 2 a と後側レンズ群 1 2 b との間の光路中には、光源側から順に、円錐アキシコン 1 4、第 1 V 溝アキシコン 1 5、および第 2 V 溝アキシコン 1 6 が配置されているが、その詳細な構成および作用については後述する。以下、説明を簡単にするために、これらのアキシコン 1 4 ～ 1 6 の作用を無視して、第 2 実施形態の基本的な構成および作用を説明する。

#### 【 0 0 7 7 】

アフォーカルレンズ 1 2 を介した光束は、 $\sigma$  値可変用のズームレンズ（変倍光学系） 7 を介して、オブティカルインテグレータとしてのマイクロフライアイ 8 a に入射する。なお、 $\sigma$  値とは、投影光学系 P L の瞳の大きさ（直径）を  $R_1$  とし、投影光学系 P L の瞳に形成される照明光束または光源像の大きさ（直径）を  $R_2$  とし、投影光学系 P L のマスク（レチクル） M 側の開口数を  $NA_o$  とし、マスク（レチクル） M を照明する照明光学系の開口数を  $NA_i$  とするとき、 $\sigma = NA_i / NA_o = R_2 / R_1$  として定義される。但し、輪帯照明の場合、 $R_2$  は投影光学系 P L の瞳に形成される輪帯状の照明光束または輪帯状の光源像の外径であり、 $NA_i$  は照明光学系の瞳に形成される輪帯光束の外径によって定められる開口数である。また、4 極照明等の多極照明の場合、 $R_2$  は投影光学系 P L の瞳

に形成される多極状の照明光束または多極状の光源像に外接する円の大きさまたは直径であり、 $NA_i$  は照明光学系の瞳に形成される多極状の照明光束に外接する円の大きさまたは直径によって定められる開口数である。また、輪帯照明の場合、輪帯比とは、輪帯状の照明光束の外径を  $R_o$ 、輪帯状の照明光束の内径を  $R_i$  とするとき、 $R_i / R_o$  で定義される。

## 【 0 0 7 8 】

なお、所定面 1 3 の位置はズームレンズ 7 の前側焦点位置の近傍に配置され、マイクロフライアイ 8 a の入射面はズームレンズ 7 の後側焦点位置の近傍に配置されている。換言すると、ズームレンズ 7 は、所定面 1 3 とマイクロフライアイ 8 a の入射面とを実質的にフーリエ変換の関係に配置し、ひいてはアフォーカルレンズ 1 2 の瞳面とマイクロフライアイ 8 a の入射面とを光学的にほぼ共役に配置している。したがって、第 1 実施形態におけるフライアイレンズ 8 と同様の機能を有するマイクロフライアイ 8 a の入射面上には、アフォーカルレンズ 1 2 の瞳面と同様に、たとえば光軸  $AX$  に対して偏心した 4 つの照野からなる 4 極状の照野を形成する。ここで、4 極状の照野を構成する各照野の形状は回折光学素子 1 1 a の特性に依存するが、ここでは 4 つの円形状の照野からなる 4 極状の照野が形成されるものとする。この 4 極状の照野の全体形状は、ズームレンズ 7 の焦点距離に依存して相似的に変化する。

## 【 0 0 7 9 】

マイクロフライアイ 8 a を構成する各微小レンズは、マスク  $M$  上において形成すべき照野の形状（ひいてはウェハ  $W$  上において形成すべき露光領域の形状）と相似な矩形状の断面を有する。マイクロフライアイ 8 a に入射した光束は多数の微小レンズにより二次元的に分割され、その後側焦点面（ひいては照明光学系の瞳）にはマイクロフライアイ 8 a への入射光束によって形成される照野とほぼ同じ光強度分布を有する二次光源、すなわち光軸  $AX$  に対して偏心した 4 つの円形状の実質的な面光源からなる 4 極状の二次光源が形成される。

## 【 0 0 8 0 】

マイクロフライアイ 8 a の後側焦点面に形成された 4 極状の二次光源からの光束は、コンデンサー光学系 9 の集光作用を受けた後、照明視野絞りとしてのマス

クブラインド 1 7 を重疊的に照明する。マスクブラインド 1 7 の矩形状の開口部（光透過部）を介した光束は、結像光学系 1 8 の集光作用を受けた後、マスク M を重疊的に照明する。マスク M のパターンを透過した光束は、投影光学系 P L を介して、ウェハ W 上にマスクパターンの像を形成する。投影光学系 P L の入射瞳面には投影光学系 P L の開口数を規定するための可変開口絞りが設けられ、この可変開口絞りの駆動は制御系 2 1 からの指令に基づいて動作する駆動系 2 7 により行われる。

#### 【 0 0 8 1 】

図 1 1 は、第 2 実施形態においてアフォーカルレンズの前側レンズ群と後側レンズ群との間の光路中に配置された 3 つのアキシコン系（以下、単に「アキシコン」という）の構成を概略的に示す斜視図である。第 2 実施形態では、図 1 1 に示すように、アフォーカルレンズ 1 2 の前側レンズ群 1 2 a と後側レンズ群 1 2 b との間の光路中に、光源側から順に、円錐アキシコン 1 4、第 1 V 溝アキシコン 1 5、および第 2 V 溝アキシコン 1 6 が配置されている。

#### 【 0 0 8 2 】

円錐アキシコン 1 4 は、光源側から順に、光源側に平面を向け且つマスク側に凹円錐状の屈折面を向けた第 1 プリズム部材 1 4 a と、マスク側に平面を向け且つ光源側に凸円錐状の屈折面を向けた第 2 プリズム部材 1 4 b とから構成されている。そして、第 1 プリズム部材 1 4 a の凹円錐状の屈折面と第 2 プリズム部材 1 4 b の凸円錐状の屈折面とは、互いに当接可能なように相補的に形成されている。

#### 【 0 0 8 3 】

また、第 1 プリズム部材 1 4 a および第 2 プリズム部材 1 4 b のうち少なくとも一方の部材が光軸 A X に沿って移動可能に構成され、第 1 プリズム部材 1 4 a の凹円錐状の屈折面と第 2 プリズム部材 1 4 b の凸円錐状の屈折面との間隔が可変に構成されている。円錐アキシコン 1 4 の間隔の変化は、制御系 2 1 からの指令に基づいて動作する駆動系 2 8 a により行われる。

#### 【 0 0 8 4 】

ここで、第 1 プリズム部材 1 4 a の凹円錐状屈折面と第 2 プリズム部材 1 4 b

の凸円錐状屈折面とが互いに当接している状態では、円錐アキシコン 1 4 は平行平板として機能し、形成される 4 極状の二次光源に及ぼす影響はない。しかしながら、第 1 プリズム部材 1 4 a の凹円錐状屈折面と第 2 プリズム部材 1 4 b の凸円錐状屈折面とを離間させると、円錐アキシコン 1 4 は、いわゆるビームエキスパンダーとして機能する。したがって、円錐アキシコン 1 4 の間隔の変化に伴って、所定面 1 3 への入射光束の角度は変化する。

## 【 0 0 8 5 】

また、第 1 V 溝アキシコン 1 5 は、光源側に平面を向け且つマスク側に凹状で且つ V 字状の屈折面を向けた第 1 プリズム部材 1 5 a と、マスク側に平面を向け且つ光源側に凸状で且つ V 字状の屈折面を向けた第 2 プリズム部材 1 5 b とから構成されている。第 1 プリズム部材 1 5 a の凹状屈折面は 2 つの平面から構成され、その交線は Z 方向に沿って延びている。第 2 プリズム部材 1 5 b の凸状屈折面は、第 1 プリズム部材 1 5 a の凹状屈折面と互いに当接可能なように、換言すると第 1 プリズム部材 1 5 a の凹状屈折面と相補的に形成されている。

## 【 0 0 8 6 】

すなわち、第 2 プリズム部材 1 5 b の凸状屈折面も 2 つの平面から構成され、その交線は Z 方向に沿って延びている。また、第 1 プリズム部材 1 5 a および第 2 プリズム部材 1 5 b のうち少なくとも一方が光軸 A X に沿って移動可能に構成され、第 1 プリズム部材 1 5 a の凹状屈折面と第 2 プリズム部材 1 5 b の凸状屈折面との間隔が可変に構成されている。第 1 V 溝アキシコン 1 5 の間隔の変化は、制御系 2 1 からの指令に基づいて動作する駆動系 2 8 b により行われる。

## 【 0 0 8 7 】

さらに、第 2 V 溝アキシコン 1 6 は、光源側に平面を向け且つマスク側に凹状で V 字状の屈折面を向けた第 1 プリズム部材 1 6 a と、マスク側に平面を向け且つ光源側に凸状で且つ V 字状の屈折面を向けた第 2 プリズム部材 1 6 b とから構成されている。第 1 プリズム部材 1 6 a の凹状屈折面は 2 つの平面から構成され、その交線は X 方向に沿って延びている。第 2 プリズム部材 1 6 b の凸状屈折面は、第 1 プリズム部材 1 6 a の凹状屈折面と相補的に形成されている。すなわち、第 2 プリズム部材 1 6 b の凸状屈折面も 2 つの平面から構成され、その交線は

X方向に沿って延びている。

【0088】

また、第1プリズム部材16aおよび第2プリズム部材16bのうち少なくとも一方が光軸AXに沿って移動可能に構成され、第1プリズム部材16aの凹状屈折面と第2プリズム部材16bの凸状屈折面との間隔が可変に構成されている。第2V溝アキシコン16の間隔の変化は、制御系21からの指令に基づいて動作する駆動系28cにより行われる。

【0089】

ここで、対向する凹状屈折面と凸状屈折面とが互いに当接している状態では、第1V溝アキシコン15および第2V溝アキシコン16は平行平板として機能し、形成される4極状の二次光源に及ぼす影響はない。しかしながら、第1V溝アキシコン15は、凹状屈折面と凸状屈折面とを離間させると、Z方向に沿って平行平板として機能するが、X方向に沿ってビームエキスパンダーとして機能する。また、第2V溝アキシコン16は、凹状屈折面と凸状屈折面とを離間させると、X方向に沿って平行平板として機能するが、Z方向に沿ってビームエキスパンダーとして機能する。

【0090】

図12は、第2実施形態の4極照明において形成される二次光源に対する円錐アキシコンの作用を説明する図である。第2実施形態の4極照明では、円錐アキシコン14の間隔を零から所定の値まで拡大させることにより、4極状の二次光源を構成する円形状の各面光源40a～40dが光軸AXを中心とした円の径方向に沿って外方へ移動するとともに、その形状が円形状から楕円形状に変化する。すなわち、変化前の円形状の各面光源40a～40dの中心点と変化後の楕円形状の各面光源41a～41dの中心点とを結ぶ線分は光軸AXを通り、中心点の移動距離は円錐アキシコン14の間隔に依存する。

【0091】

さらに、変化前の円形状の各面光源40a～40dを光軸AXから見込む角度（光軸AXから各面光源40a～40dへの一対の接線がなす角度）と、変化後の楕円形状の各面光源41a～41dを光軸AXから見込む角度とが等しい。そし

て、変化前の円形状の各面光源 4 0 a ~ 4 0 d の直径と、変化後の楕円形状の各面光源 4 1 a ~ 4 1 d の光軸 A X を中心とした円の径方向に沿った短径とが等しい。なお、変化後の楕円形状の各面光源 4 1 a ~ 4 1 d の光軸 A X を中心とした円の周方向に沿った長径の大きさは、変化前の円形状の各面光源 4 0 a ~ 4 0 d の直径と円錐アキシコン 1 4 の間隔とに依存する。

## 【 0 0 9 2 】

したがって、円錐アキシコン 1 4 の間隔を零から所定の値まで拡大させると、4 つの円形状の面光源から構成される 4 極状の二次光源が、4 つの楕円形状の面光源から構成される 4 極状の二次光源に変化し、変化前の二次光源の幅を変化させることなく、その外径および輪帯比を変更することができる。ここで、4 極状の二次光源の幅は、4 つの面光源に外接する円の直径すなわち外径と 4 つの面光源に内接する円の直径すなわち内径との差の  $1/2$  として規定される。また、4 極状の二次光源の輪帯比は、外径に対する内径の比（内径／外径）として規定される。

## 【 0 0 9 3 】

図 1 3 は、第 2 実施形態の 4 極照明において形成される二次光源に対するズームレンズの作用を説明する図である。第 2 実施形態の 4 極照明では、ズームレンズ 7 の焦点距離が変化すると、4 つの円形状の面光源 4 2 a ~ 4 2 d から構成される 4 極状の二次光源の全体形状が相似的に変化する。すなわち、4 極状の二次光源を構成する円形状の各面光源 4 2 a ~ 4 2 d が、円形状を維持したまま光軸 A X を中心とした円の径方向に沿って移動する。

## 【 0 0 9 4 】

そして、変化前の各面光源 4 2 a ~ 4 2 d の中心点と変化後の各面光源 4 3 a ~ 4 3 d の中心点とを結ぶ線分は光軸 A X を通り、中心点の移動距離および移動の向きはズームレンズ 7 の焦点距離の変化に依存する。また、変化前の各面光源 4 2 a ~ 4 2 d を光軸 A X から見込む角度と、変化後の各面光源 4 3 a ~ 4 3 d を光軸 A X から見込む角度とが等しい。こうして、ズームレンズ 7 の焦点距離を変化させることにより、4 極状の二次光源の輪帯比を変化させることなくその外径だけを変更することができる。



## 【 0 0 9 5 】

図 1 4 は、第 2 実施形態の 4 極照明において形成される二次光源に対する第 1 V 溝アキシコンおよび第 2 V 溝アキシコンの作用を説明する図である。第 1 V 溝アキシコン 1 5 の間隔の変化に伴って、所定面 1 3 への入射光束の Z 方向に沿った入射角度は変化しないが、所定面 1 3 への入射光束の X 方向に沿った入射角度は変化する。その結果、図 1 4 ( a ) に示すように、4 つの円形状の面光源 4 4 a ~ 4 4 d は、Z 方向には移動しないが、その形状および大きさを維持したまま X 方向に移動する。すなわち、第 1 V 溝アキシコン 1 5 の間隔が零から所定の値まで拡大すると、面光源 4 4 b および 4 4 c は - X 方向に移動し、面光源 4 4 a および 4 4 d は + X 方向に移動する。

## 【 0 0 9 6 】

一方、第 2 V 溝アキシコン 1 6 の間隔の変化に伴って、所定面 1 3 への入射光束の X 方向に沿った入射角度は変化しないが、所定面 1 3 への入射光束の Z 方向に沿った入射角度は変化する。その結果、図 1 4 ( b ) に示すように、4 つの円形状の面光源 4 4 a ~ 4 4 d は、X 方向には移動しないが、その形状および大きさを維持したまま Z 方向に移動する。すなわち、第 2 V 溝アキシコン 1 6 の間隔が零から所定の値まで拡大すると、面光源 4 4 a および 4 4 b は + Z 方向に移動し、面光源 4 4 c および 4 4 d は - Z 方向に移動する。

## 【 0 0 9 7 】

さらに、第 1 V 溝アキシコン 1 5 の間隔および第 2 V 溝アキシコン 1 6 の間隔がともに変化すると、所定面 1 3 への入射光束の X 方向に沿った入射角度および Z 方向に沿った入射角度はともに変化する。その結果、図 1 4 ( c ) に示すように、各面光源 4 4 a ~ 4 4 d は、その形状および大きさを維持したまま Z 方向および X 方向に移動する。すなわち、第 1 V 溝アキシコン 1 5 の間隔および第 2 V 溝アキシコン 1 6 の間隔がともに零から所定の値まで拡大すると、面光源 4 4 a は + Z 方向および + X 方向に移動し、面光源 4 4 b は + Z 方向および - X 方向に移動し、面光源 4 4 c は - Z 方向および - X 方向に移動し、面光源 4 4 d は - Z 方向および + X 方向に移動する。

## 【 0 0 9 8 】

以上のように、円錐アキシコン 1 4 は、照明光学系の瞳（マイクロフライアイ 8 a の後側焦点面）での照明光の輪帯比を可変とする輪帯比可変手段を構成している。ズームレンズ 7 は、照明光学系の瞳での照明光の大きさを可変とする変倍光学系を構成している。第 1 V 溝アキシコン 1 5 は、照明光学系の瞳において X 方向に沿って光軸 A X を挟んで対称に照明光を変位させる第 1 変位手段を構成している。第 2 V 溝アキシコン 1 6 は、照明光学系の瞳において Z 方向に沿って光軸 A X を挟んで対称に照明光を変位させる第 2 変位手段を構成している。そして、円錐アキシコン 1 4、第 1 V 溝アキシコン 1 5、第 2 V 溝アキシコン 1 6、およびズームレンズ 7 は、照明光学系の瞳での照明光の大きさおよび形状を可変とする可変手段を構成している。

## 【 0 0 9 9 】

図 1 5 は、第 2 実施形態の 4 極照明において形成される円形状の各面光源に対する円錐アキシコン、ズームレンズ、第 1 V 溝アキシコンおよび第 2 V 溝アキシコンの作用を説明する図である。図 1 5 では、円錐アキシコン 1 4、第 1 V 溝アキシコン 1 5 および第 2 V 溝アキシコン 1 6 の間隔がともに零で且つズームレンズ 7 の焦点距離が最小値に設定された状態（以下、「標準状態」という）で形成される最も小さい 4 極状の二次光源を構成する 4 つの円形状の面光源のうちの 1 つの面光源 4 5 a に着目している。

## 【 0 1 0 0 】

この標準状態で、第 1 V 溝アキシコン 1 5 の間隔を零から所定の値まで拡大させると、面光源 4 5 a はその形状および大きさを維持したまま X 方向に沿って移動し、参照符合 4 5 b で示す位置に達する。次いで、第 2 V 溝アキシコン 1 6 の間隔を零から所定の値まで拡大させると、面光源 4 5 b はその形状および大きさを維持したまま Z 方向に沿って移動し、参照符合 4 5 c で示す位置に達する。

## 【 0 1 0 1 】

また、ズームレンズ 7 の焦点距離を最小値から所定の値まで拡大させると、円形状の面光源 4 5 c はその円形状を維持したまま拡大するとともに光軸 A X を中心とした円の径方向に沿って外方へ移動し、参照符合 4 5 d で示す位置に達する。さらに、必要に応じて円錐アキシコン 1 4 の間隔を零から所定の値まで拡大さ

せると、円形状の面光源 4 5 d は円形状から拡大した楕円形状へ変化するとともに光軸 A X を中心とした円の径方向に沿って外方へ移動し、参照符合 4 5 e で示す位置に達する。

#### 【 0 1 0 2 】

なお、第 2 V 溝アキシコン 1 6 の間隔を零から所定の値まで拡大させた後に第 1 V 溝アキシコン 1 5 の間隔を零から所定の値まで拡大させても、面光源 4 5 a はその形状および大きさを維持したまま参照符合 4 5 c で示す位置に達する。同様に、最終的に得られる面光源の位置、形状および大きさは、円錐アキシコン 1 4、第 1 V 溝アキシコン 1 5 および第 2 V 溝アキシコン 1 6 の間隔の変化並びにズームレンズ 7 の焦点距離の変化に依存し、その変化の順序には依存しない。

#### 【 0 1 0 3 】

こうして、円錐アキシコン 1 4、第 1 V 溝アキシコン 1 5、第 2 V 溝アキシコン 1 6 およびズームレンズ 7 の作用により、4 極状の二次光源を構成する各面光源の位置を広範囲に亘って移動させることができ、且つその形状および大きさを所定の範囲に亘って変化させることができる。しかしながら、実際には、円錐アキシコン 1 4 や第 1 V 溝アキシコン 1 5 や第 2 V 溝アキシコン 1 6 による各面光源の移動比率（すなわち移動先の面光源の座標位置に対する移動元の面光源の座標位置）には光学設計上の制約があり、各面光源の移動範囲には制限がある。

#### 【 0 1 0 4 】

そこで、第 2 実施形態では、4 極照明用の回折光学素子 1 1 a として、特性の異なる 3 種類の回折光学素子を備えている。図 1 6 は、第 2 実施形態において特性の異なる 3 種類の 4 極照明用回折光学素子を介して形成される各面光源およびその移動範囲について説明する図である。図 1 6 においても図 1 5 と同様に、標準状態で形成される最も小さい 4 極状の二次光源を構成する 4 つの円形状の面光源のうちの 1 つの面光源 4 6 に着目している。

#### 【 0 1 0 5 】

第 2 実施形態では、第 1 の 4 極照明用回折光学素子により、4 つの面光源の中心点を結んで形成される四角形が X 方向に沿って細長い長方形になるような 4 極状の二次光源、すなわち図 1 4 (a) の右側に示すような 4 極状の二次光源が形

成される。第 1 の 4 極照明用回折光学素子を介して形成された 4 極状の二次光源を構成する 4 つの円形状の面光源のうちの 1 つの面光源 4 6 a は、第 1 V 溝アキシコン 1 5 および第 2 V 溝アキシコン 1 6 の作用により、参照符号 4 7 a で示す矩形状の範囲内で移動する。

## 【 0 1 0 6 】

一方、第 2 の 4 極照明用回折光学素子により、4 つの面光源の中心点を結んで形成される四角形が Z 方向に沿って細長い長方形になるような 4 極状の二次光源、すなわち図 1 4 ( b ) の右側に示すような 4 極状の二次光源が形成される。第 2 の 4 極照明用回折光学素子を介して形成された 4 極状の二次光源を構成する 4 つの円形状の面光源のうちの 1 つの面光源 4 6 b は、第 1 V 溝アキシコン 1 5 および第 2 V 溝アキシコン 1 6 の作用により、参照符号 4 7 b で示す矩形状の範囲内で移動する。

## 【 0 1 0 7 】

さらに、第 3 の 4 極照明用回折光学素子により、4 つの面光源の中心点を結んで形成される四角形が正方形になるような 4 極状の二次光源、すなわち図 1 4 ( c ) の右側（あるいは図 1 4 ( a ) ～ ( c ) の左側）に示すような 4 極状の二次光源が形成される。第 3 の 4 極照明用回折光学素子を介して形成された 4 極状の二次光源を構成する 4 つの円形状の面光源のうちの 1 つの面光源 4 6 c は、第 1 V 溝アキシコン 1 5 および第 2 V 溝アキシコン 1 6 の作用により、参照符号 4 7 c で示す矩形状の範囲内で移動する。

## 【 0 1 0 8 】

こうして、第 2 実施形態では、第 1 V 溝アキシコン 1 5 や第 2 V 溝アキシコン 1 6 による各面光源の移動比率（ひいてはその移動範囲）が光学設計の観点からある程度制限される場合であっても、特性の異なる 3 種類の 4 極照明用回折光学素子を併用することにより、光軸 A X を中心とする円環状の領域において各面光源の位置を自在に移動させることができる。なお、図 1 6 では図示を省略したが、円錐アキシコン 1 4 およびズームレンズ 7 の作用により、光軸 A X を中心とする円環状の領域において、各面光源の位置、形状および大きさを所望の状態に適宜変更することもできる。

## 【 0 1 0 9 】

また、第 2 実施形態の第 1 変形例では、4 極照明用の回折光学素子 1 1 a として、特性の異なる 4 種類の回折光学素子を備えている。図 1 7 および図 1 8 は、第 2 実施形態の第 1 変形例において特性の異なる 4 種類の 4 極照明用回折光学素子を介して形成される各面光源並びにその移動および変形について説明する図である。図 1 7 および図 1 8 においても図 1 5 および図 1 6 と同様に、標準状態で形成される最も小さい 4 極状の二次光源を構成する 4 つの円形状の面光源のうちの 1 つの面光源 4 8 に着目している。

## 【 0 1 1 0 】

第 2 実施形態の第 1 変形例では、図 1 7 および図 1 8 に示すように、光軸 A X を中心とした円と X 軸に平行な線分と Z 軸に平行な線分とで規定される四半円領域が光軸 A X を通る 3 つの線分によって 4 つの扇形領域に分割され、4 種類の 4 極照明用回折光学素子によってそれぞれ形成される円形状の各面光源 4 8 a ~ 4 8 d の中心が各扇形領域内に位置するように設定されている。すなわち、第 1 の回折光学素子により面光源 4 8 a が形成され、第 2 の回折光学素子により面光源 4 8 b が形成され、第 3 の回折光学素子により面光源 4 8 c が形成され、第 4 の回折光学素子により面光源 4 8 d が形成されるように設定されている。

## 【 0 1 1 1 】

以下、説明の簡単のために、四半円領域が 4 つの扇形領域に等分割され、各面光源 4 8 a ~ 4 8 d が互いに接するように光軸 A X を中心とした円の周方向に沿って配置されているものとする。この場合、円錐アキシコン 1 4 の間隔を零から所定の値まで拡大させると、図 1 7 に示すように、各面光源 4 8 a ~ 4 8 d はその形状が円形状から拡大した楕円形状へ変化するとともにその中心位置が光軸 A X を中心とした円の径方向に沿って外方へ移動し、それぞれ参照符合 4 9 a ~ 4 9 d で示す位置に達する。

## 【 0 1 1 2 】

また、ズームレンズ 7 の焦点距離を最小値から所定の値まで拡大させると、図 1 8 に示すように、各面光源 4 8 a ~ 4 8 d はその円形状を維持したまま拡大するとともに、その中心位置が光軸 A X を中心とした円の径方向に沿って外方へ移

動し、それぞれ参照符合 5 0 a ～ 5 0 d で示す位置に達する。こうして、第 2 実施形態の第 1 変形例では、特性の異なる 4 種類の 4 極照明用回折光学素子を併用することにより、光軸 A X を中心とする円環状の領域において各面光源の位置、形状および大きさを自在に変化させることができる。

#### 【 0 1 1 3 】

なお、図 1 7 および図 1 8 では各面光源 4 8 a ～ 4 8 d が互いに接するように配置しているが、各面光源 4 8 a ～ 4 8 d が互いに間隔を隔てるように配置することもできる。いずれの場合も、円錐アキシコン 1 4、第 1 V 溝アキシコン 1 5、第 2 V 溝アキシコン 1 6 およびズームレンズ 7 の作用により、光軸 A X を中心とする円環状の領域において、各面光源の位置、形状および大きさを所望の状態に適宜変更することができる。

#### 【 0 1 1 4 】

さらに、第 2 実施形態の第 2 変形例では、4 極照明用の回折光学素子 1 1 a として、特性の異なる 2 種類の回折光学素子を備えている。図 1 9 は、第 2 実施形態の第 2 変形例において特性の異なる 2 種類の 4 極照明用回折光学素子を介して形成される各面光源並びにその移動および変形について説明する図である。図 1 9 においても図 1 5 ～ 図 1 8 と同様に、標準状態で形成される最も小さい 4 極状の二次光源を構成する 4 つの円形状の面光源のうちの 1 つの面光源 5 1 に着目している。

#### 【 0 1 1 5 】

第 2 実施形態の第 2 変形例では、一方の 4 極照明用回折光学素子により、4 つの面光源の中心点を結んで形成される四角形が X 方向に沿って細長い長方形になるような 4 極状の二次光源が形成される。一方の 4 極照明用回折光学素子を介して形成された 4 極状の二次光源を構成する 4 つの円形状の面光源のうちの 1 つの面光源 5 1 a (図 1 6 の 4 6 a に対応) は、第 1 V 溝アキシコン 1 5 および第 2 V 溝アキシコン 1 6 の作用により、参照符号 5 2 a で示す矩形状の範囲内で移動する。

#### 【 0 1 1 6 】

また、他方の 4 極照明用回折光学素子により、4 つの面光源の中心点を結んで

形成される四角形がZ方向に沿って細長い長方形になるような4極状の二次光源が形成される。他方の4極照明用回折光学素子を介して形成された4極状の二次光源を構成する4つの円形状の面光源のうちの1つの面光源51b（図16の46bに対応）は、第1V溝アキシコン15および第2V溝アキシコン16の作用により、参照符号52bで示す矩形状の範囲内で移動する。

## 【0117】

さらに、一方の4極照明用回折光学素子と第2V溝アキシコン16との併用により、あるいは他方の4極照明用回折光学素子と第1V溝アキシコン15との併用により、初期的な面光源51aと51bとの中間的な位置に面光源51cが形成される。この場合、面光源51cに対してズームレンズ7の変倍機能を作用させることにより、面光源51cはその円形状を維持したまま拡大するとともに、その中心位置が光軸AXを中心とした円の径方向に沿って外方へ移動し、参照符号51dで示す位置に達する。

## 【0118】

あるいは、図示を省略したが、面光源51cに対して円錐アキシコン14を作用させることにより、面光源51cはその円形状が拡大した楕円形状へ変化するとともに、その中心位置が光軸AXを中心とした円の径方向に沿って外方へ移動する。こうして、第2実施形態の第2変形例では、特性の異なる2種類の4極照明用回折光学素子を併用することにより、光軸AXを中心とする円環状の領域において、各面光源の位置を自在に移動させることができる。また、一般的には、円錐アキシコン14、第1V溝アキシコン15、第2V溝アキシコン16およびズームレンズ7の作用により、光軸AXを中心とする円環状の領域において、各面光源の位置、形状および大きさを所望の状態に適宜変更することができる。

## 【0119】

次に、4極照明用の回折光学素子11aに代えて輪帯照明用の回折光学素子11bを照明光路中に設定することによって得られる輪帯照明について簡単に説明する。この場合、回折光学素子11bに入射したほぼ平行光束は、アフォーカルレンズ12の瞳面に輪帯状の光強度分布を形成した後、ほぼ平行光束となってアフォーカルレンズ12から射出される。アフォーカルレンズ12を介した光束は

、ズームレンズ7を介して、マイクロフライアイ8aの入射面に、光軸AXを中心とした輪帯状の照野を形成する。その結果、マイクロフライアイ8aの後側焦点面には、その入射光束によって形成される照野とほぼ同じ光強度分布を有する二次光源、すなわち光軸AXを中心とした輪帯状の二次光源が形成される。

#### 【0120】

図20は、第2実施形態の輪帯照明において形成される二次光源に対する円錐アキシコンの作用を説明する図である。第2実施形態の輪帯照明では、標準状態で形成された最も小さい輪帯状の二次光源60aが、円錐アキシコン14の間隔を零から所定の値まで拡大させることにより、その幅（外径と内径との差の1/2：図中矢印で示す）が変化することなく、その外径および内径がともに拡大された輪帯状の二次光源60bに変化する。換言すると、輪帯状の二次光源は、円錐アキシコン14の作用により、その幅が変化することなく、その輪帯比および大きさ（外径）がともに変化する。

#### 【0121】

図21は、第2実施形態の輪帯照明において形成される二次光源に対するズームレンズの作用を説明する図である。第2実施形態の輪帯照明では、標準状態で形成された輪帯状の二次光源60aが、ズームレンズ7の焦点距離を最小値から所定の値へ拡大させることにより、その全体形状が相似的に拡大された輪帯状の二次光源60cに変化する。換言すると、輪帯状の二次光源は、ズームレンズ7の作用により、その輪帯比が変化することなく、その幅および大きさ（外径）がともに変化する。

#### 【0122】

図22は、第2実施形態の輪帯照明において形成される二次光源に対する第1V溝アキシコンおよび第2V溝アキシコンの作用を説明する図である。上述したように、第1V溝アキシコン15の間隔の変化に伴って、所定面13への入射光束のZ方向に沿った入射角度は変化しないが、所定面13への入射光束のX方向に沿った入射角度は変化する。その結果、図22(a)に示すように、輪帯状の二次光源60aを構成する4つの四半円弧状の各面光源61～64は、Z方向には移動しないがX方向に移動する。すなわち、第1V溝アキシコン15の間隔が



零から所定の値に拡大すると、面光源 6 1 および 6 3 は - X 方向に移動し、面光源 6 2 および 6 4 は + X 方向に移動する。

#### 【 0 1 2 3 】

一方、第 2 V 溝アキシコン 1 6 の間隔の変化に伴って、所定面 1 3 への入射光束の X 方向に沿った入射角度は変化しないが、所定面 1 3 への入射光束の Z 方向に沿った入射角度は変化する。その結果、図 2 2 ( b ) に示すように、各面光源 6 1 ~ 6 4 は、X 方向には移動しないが Z 方向に移動する。すなわち、第 2 V 溝アキシコン 1 6 の間隔が零から所定の値に拡大すると、面光源 6 1 および 6 2 は + Z 方向に移動し、面光源 6 3 および 6 4 は - Z 方向に移動する。

#### 【 0 1 2 4 】

さらに、第 1 V 溝アキシコン 1 5 の間隔および第 2 V 溝アキシコン 1 6 の間隔がともに変化すると、所定面 1 3 への入射光束の X 方向に沿った入射角度および Z 方向に沿った入射角度はともに変化する。その結果、図 2 2 ( c ) に示すように、各面光源 6 1 ~ 6 4 は、Z 方向および X 方向に移動する。すなわち、第 1 V 溝アキシコン 1 5 の間隔および第 2 V 溝アキシコン 1 6 の間隔が零から所定の値に拡大すると、面光源 6 1 は + Z 方向および - X 方向に移動し、面光源 6 2 は + Z 方向および + X 方向に移動し、面光源 6 3 は - Z 方向および - X 方向に移動し、面光源 6 4 は - Z 方向および + X 方向に移動する。こうして、4 つの独立した円弧状の面光源からなる 4 極状の二次光源を形成することができる。

#### 【 0 1 2 5 】

以上、第 2 実施形態の輪帯照明における円錐アキシコン 1 4、第 1 V 溝アキシコン 1 5、第 2 V 溝アキシコン 1 6 およびズームレンズ 7 の作用を個別に説明したが、これらの光学部材の相互作用により様々な形態の輪帯照明が可能である。具体的には、図 2 2 ( c ) に示す状態において、ズームレンズ 7 を作用させると、たとえば面光源 6 2 は、光軸 A X を中心とした円の径方向に沿って移動し、その全体形状が相似的に変化した面光源 6 2 a に変化する。一方、図 2 2 ( c ) に示す状態において、円錐アキシコン 1 4 を作用させると、たとえば面光源 6 4 は光軸 A X を中心とした円の径方向に沿って移動し、その径方向の寸法は変化することなくその周方向の寸法だけが変化した面光源 6 4 a に変化する。

## 【 0 1 2 6 】

しかしながら、実際には、光学設計上の制約により、円錐アキシコン 1 4 による輪帯比の変更範囲には制限がある。そこで、第 2 実施形態では、輪帯照明用の回折光学素子 1 1 b として、特性の異なる 2 種類の回折光学素子を備えている。すなわち、第 2 実施形態では、一方の輪帯照明用回折光学素子により、たとえば 0.5 ～ 0.68 の範囲で輪帯比を変更するのに適した形状を有する輪帯状の二次光源を形成する。また、他方の輪帯照明用回折光学素子により、たとえば 0.68 ～ 0.8 の範囲で輪帯比を変更するのに適した形状を有する輪帯状の二次光源を形成する。その結果、2 種類の輪帯照明用回折光学素子の併用により、0.5 ～ 0.8 の範囲で輪帯比を変更することが可能になる。

## 【 0 1 2 7 】

ところで、図 2 3 (a) を参照すると、図 2 2 (a) または (b) の右側で得られる 2 極状の二次光源に外接する円 (図中破線で示す) の曲率と各半円弧状の面光源の外側円弧の曲率とが一致しないことがわかる。そこで、第 2 実施形態の第 3 変形例では、第 1 V 溝アキシコン 1 5 または第 2 V 溝アキシコン 1 6 の作用によって得られる 2 極状の二次光源に外接する円の曲率と半円弧状の各面光源の外側円弧の曲率とを一致させるために、第 3 の輪帯照明用回折光学素子を付設している。第 3 の輪帯照明用回折光学素子は、図 2 3 (b) に示すように、光軸 A X を中心とした 2 つの円によって規定されるような完全な輪帯状の二次光源ではなく、X 方向または Z 方向に沿ってわずかに扁平な楕円環状の二次光源を形成する。

## 【 0 1 2 8 】

さらに詳細には、第 3 の輪帯照明用回折光学素子により形成される楕円環状の二次光源は一对の円弧状の面光源 6 5 a と 6 5 b とから構成され、各面光源 6 5 a および 6 5 b の外側円弧の曲率は第 1 V 溝アキシコン 1 5 または第 2 V 溝アキシコン 1 6 の作用によって得られる 2 極状の二次光源に外接する円の曲率と一致するように設定されている。したがって、第 2 実施形態の第 3 変形例では、第 1 V 溝アキシコン 1 5 または第 2 V 溝アキシコン 1 6 の作用によって得られる 2 極状の二次光源において、この 2 極状の二次光源に外接する円の曲率と、円弧状の

各面光源各面光源 6 5 a および 6 5 b の外側円弧の曲率とが一致する。

【 0 1 2 9 】

さらに、4 極照明用の回折光学素子 1 1 a または輪帯照明用の回折光学素子 1 1 b に代えて円形照明用の回折光学素子 1 1 c を照明光路中に設定することによって得られる通常の円形照明について簡単に説明する。この場合、回折光学素子 1 1 c に入射したほぼ平行光束は、アフォーカルレンズ 1 2 の瞳面に円形状の光強度分布を形成した後、ほぼ平行光束となってアフォーカルレンズ 1 2 から射出される。

【 0 1 3 0 】

アフォーカルレンズ 1 2 を介した光束は、ズームレンズ 7 を介して、マイクロフライアイ 8 a の入射面に、光軸 A X を中心とした円形状の照野を形成する。その結果、マイクロフライアイ 8 a の後側焦点面（すなわち照明光学系の瞳）には、その入射光束によって形成される照野とほぼ同じ光強度分布を有する二次光源、すなわち光軸 A X を中心とした円形状の二次光源が形成される。

【 0 1 3 1 】

第 2 実施形態の円形照明では、標準状態で形成された最も小さい円形状の二次光源が、ズームレンズ 7 の焦点距離を最小値から所定の値へ拡大させることにより、その全体形状が相似的に拡大された円形状の二次光源に変化する。換言すると、第 2 実施形態の円形照明では、ズームレンズ 7 の焦点距離を変化させることにより、円形状の二次光源の大きさ（外径）を変更することができる。

【 0 1 3 2 】

図 2 4 は、第 2 実施形態の円形照明において形成される二次光源に対する第 1 V 溝アキシコンおよび第 2 V 溝アキシコンの作用を説明する図である。第 2 実施形態の円形照明では、第 1 V 溝アキシコン 1 5 の間隔が零から所定の値に拡大すると、図 2 4 (a) に示すように、円形状の二次光源を構成する 4 つの四半円状の面光源 6 6 a ~ 6 6 d のうち、面光源 6 6 a および 6 6 c は - X 方向に移動し、面光源 6 6 b および 6 6 d は + X 方向に移動する。

【 0 1 3 3 】

一方、第 2 V 溝アキシコン 1 6 の間隔が零から所定の値に拡大すると、図 2 4

(b) に示すように、面光源 6 6 a および 6 6 b は + Z 方向に移動し、面光源 6 6 c および 6 6 d は - Z 方向に移動する。さらに、第 1 V 溝アキシコン 1 5 の間隔および第 2 V 溝アキシコン 1 6 の間隔がともに零から所定の値に拡大すると、図 2 4 (c) に示すように、面光源 6 6 a は + Z 方向および - X 方向に移動し、面光源 6 6 b は + Z 方向および + X 方向に移動し、面光源 6 6 c は - Z 方向および - X 方向に移動し、面光源 6 6 d は - Z 方向および + X 方向に移動する。こうして、4 つの独立した 4 半円状の面光源からなる 4 極状の二次光源を形成することができる。

## 【 0 1 3 4 】

以上、第 2 実施形態の円形照明における第 1 V 溝アキシコン 1 5、第 2 V 溝アキシコン 1 6 およびズームレンズ 7 の作用を個別に説明したが、これらの光学部材の相互作用により様々な形態の円形照明が可能である。しかしながら、実際には、光学設計上の制約により、ズームレンズ 7 による外径の変倍範囲には制限がある。そこで、第 2 実施形態では、円形照明用の回折光学素子 1 1 c として、特性の異なる 2 種類の回折光学素子を備えている。

## 【 0 1 3 5 】

すなわち、第 2 実施形態では、一方の円形照明用回折光学素子により、比較的小さい  $\sigma$  値すなわち小  $\sigma$  から中間的な  $\sigma$  値すなわち中  $\sigma$  までの範囲で  $\sigma$  値を変更するのに適した形状を有する円形状の二次光源を形成する。また、他方の円形照明用回折光学素子により、中  $\sigma$  から比較的大きい  $\sigma$  値すなわち大  $\sigma$  までの範囲で  $\sigma$  値を変更するのに適した形状を有する円形状の二次光源を形成する。その結果、2 種類の円形照明用回折光学素子の併用により、小  $\sigma$  から大  $\sigma$  までの範囲（たとえば  $0.1 \leq \sigma \leq 0.95$ ）で  $\sigma$  値を変更することが可能になる。

## 【 0 1 3 6 】

以下、第 2 実施形態における照明条件の切り換え動作などについて具体的に説明する。まず、ステップ・アンド・リピート方式またはステップ・アンド・スキャン方式にしたがって順次露光すべき各種のマスクに関する情報などが、キーボードなどの入力手段 2 0 を介して制御系 2 1 に入力される。制御系 2 1 は、各種のマスクに関する最適な線幅（解像度）、焦点深度等の情報を内部のメモリー部

に記憶しており、入力手段 2 0 からの入力に応答して駆動系 2 4、2 6～2 8 に適当な制御信号を供給する。

【0 1 3 7】

すなわち、最適な解像度および焦点深度のもとで 4 極照明する場合、駆動系 2 6 は制御系 2 1 からの指令に基づいて 4 極照明用の回折光学素子 1 1 a を照明光路中に位置決めする。そして、所望の形態を有する 4 極状の二次光源を得るために、駆動系 2 8 a～2 8 c は制御系 2 1 からの指令に基づいてアキシコン 1 4～1 6 の間隔を設定し、駆動系 2 4 は制御系 2 1 からの指令に基づいてズームレンズ 7 の焦点距離を設定する。また、駆動系 2 7 は、制御系 2 1 からの指令に基づいて投影光学系 P L の可変開口絞りを駆動する。

【0 1 3 8】

さらに、必要に応じて、駆動系 2 8 a～2 8 c によりアキシコン 1 4～1 6 の間隔を変化させたり、駆動系 2 4 によりズームレンズ 7 の焦点距離を変化させたりすることにより、マイクロフライアイ 8 a の後側焦点面に形成される 4 極状の二次光源の形態を適宜変更することができる。こうして、4 極状の二次光源の全体の大きさ（外径）および形状（輪帯比）、各面光源の位置、形状、大きさなどを適宜変化させて、多様な 4 極照明を行うことができる。

【0 1 3 9】

また、最適な解像度および焦点深度のもとで輪帯照明する場合、駆動系 2 6 は、制御系 2 1 からの指令に基づいて、輪帯照明用の回折光学素子 1 1 b を照明光路中に位置決めする。そして、所望の形態を有する輪帯状の二次光源を得るために、あるいは輪帯状の二次光源から派生的に得られる 4 極状の二次光源または 2 極状の二次光源を得るために、駆動系 2 8 a～2 8 c は制御系 2 1 からの指令に基づいてアキシコン 1 4～1 6 の間隔を設定し、駆動系 2 4 は制御系 2 1 からの指令に基づいてズームレンズ 7 の焦点距離を設定する。また、駆動系 2 7 は、制御系 2 1 からの指令に基づいて投影光学系 P L の可変開口絞りを駆動する。

【0 1 4 0】

さらに、必要に応じて、駆動系 2 8 a～2 8 c によりアキシコン 1 4～1 6 の間隔を変化させたり、駆動系 2 4 によりズームレンズ 7 の焦点距離を変化させた

りすることにより、マイクロフライアイ 8 a の後側焦点面に形成される輪帯状の二次光源の形態、あるいは派生的に得られる 4 極状の二次光源または 2 極状の二次光源の形態を適宜変更することができる。こうして、輪帯状の二次光源の全体の大きさ（外径）および形状（輪帯比）、派生的に得られる各面光源の位置、形状、大きさなどを適宜変化させて、多様な輪帯照明を行うことができる。

## 【 0 1 4 1 】

さらに、最適な解像度および焦点深度のもとで通常の円形照明をする場合、駆動系 2 6 は、制御系 2 1 からの指令に基づいて、円形照明用の回折光学素子 1 1 c を照明光路中に位置決めする。そして、所望の形態を有する円形状の二次光源を得るために、あるいは円形状の二次光源から派生的に得られる 4 極状の二次光源または 2 極状の二次光源を得るために、駆動系 2 8 a ~ 2 8 c は制御系 2 1 からの指令に基づいてアキシコン 1 4 ~ 1 6 の間隔を設定し、駆動系 2 4 は制御系 2 1 からの指令に基づいてズームレンズ 7 の焦点距離を設定する。また、駆動系 2 7 は、制御系 2 1 からの指令に基づいて投影光学系 P L の可変開口絞りを駆動する。

## 【 0 1 4 2 】

さらに、必要に応じて、駆動系 2 8 a ~ 2 8 c によりアキシコン 1 4 ~ 1 6 の間隔を変化させたり、駆動系 2 4 によりズームレンズ 7 の焦点距離を変化させたりすることにより、マイクロフライアイ 8 a の後側焦点面に形成される円形状の二次光源の形態、あるいは派生的に得られる 4 極状の二次光源または 2 極状の二次光源の形態を適宜変更することができる。こうして、円形状の二次光源の全体の大きさ（ひいては  $\sigma$  値）、派生的に得られる各面光源の位置、形状、大きさなどを適宜変化させて、多様な円形照明を行うことができる。

## 【 0 1 4 3 】

なお、第 2 実施形態では、光源側から順に、円錐アキシコン 1 4 と、第 1 V 溝アキシコン 1 5 と、第 2 V 溝アキシコン 1 6 とを配置しているが、この配置順序を適宜変化させることもできる。また、各アキシコン 1 4 ~ 1 6 では、光源側から順に、凹状の屈折面を有する第 1 プリズム部材と凸状の屈折面を有する第 2 プリズムとを配置しているが、この配置順序を逆にすることもできる。

## 【 0 1 4 4 】

また、第2実施形態では、各アキシコン14～16がそれぞれ一对のプリズム部材から構成されているが、これに限定されることなく、たとえば円錐アキシコン14の第2プリズム部材14bと第1V溝アキシコン15の第1プリズム部材15aとを一体化したり、第1V溝アキシコン15の第2プリズム部材15bと第2V溝アキシコン16の第1プリズム部材16aとを一体化したりすることもできる。この場合、円錐アキシコン14の第1プリズム部材14a、一体化された2つのプリズム、および第2V溝アキシコン16の第2プリズム部材16bのうち少なくとも3つの部材を光軸AXに沿って移動させることにより、各アキシコン14～16の間隔をそれぞれ独立に変化させることができる。

## 【 0 1 4 5 】

図25は、本発明の第3実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。図26は、第3実施形態においてアフォーカルレンズの光路中に配置された一对のV溝アキシコンの構成を概略的に示す斜視図である。第3実施形態は、第2実施形態と類似の構成を有する。しかしながら、第2実施形態ではアフォーカルレンズ12の光路中に円錐アキシコンと一对のV溝アキシコンとが配置されているのに対し、第3実施形態では一对のV溝アキシコンだけが配置されている点が第2実施形態と基本的に相違している。以下、第2実施形態との相違点に着目して、第3実施形態を説明する。

## 【 0 1 4 6 】

第3実施形態の4極照明では、円錐アキシコンが配置されていないので、4極状の二次光源を構成する各面光源の円形状を楕円形状に変化させることはできない。しかしながら、複数の4極照明用回折光学素子11aを選択的に用いるとともに、第1V溝アキシコン15および第2V溝アキシコン16の作用を利用することにより、光軸AXを中心とする円環状の領域において、各面光源の位置を適宜変更することができる。また、ズームレンズ7の変倍作用を補助的に利用することにより、光軸AXを中心とする円環状の領域において、各面光源の位置および大きさを適宜変更することができる。

## 【 0 1 4 7 】

一方、第 3 実施形態の輪帯照明では、円錐アキシコンが配置されていないので、輪帯状の二次光源の輪帯比を連続的に変化させることはできない。しかしながら、複数の輪帯照明用回折光学素子 1 1 b を選択的に用いるとともに、第 1 V 溝アキシコン 1 5、第 2 V 溝アキシコン 1 6 およびズームレンズ 7 の作用を利用することにより、輪帯状の二次光源の全体的な大きさおよび形状（輪帯比）、あるいは輪帯状の二次光源から派生的に得られる 2 極状の二次光源または 4 極状の二次光源を構成する各面光源の位置、形状および大きさを適宜変更することができる。

## 【 0 1 4 8 】

ところで、円形照明では、円錐アキシコンの作用を積極的に利用することはない。したがって、第 3 実施形態の円形照明においても第 2 実施形態の場合と同様に、円形状の二次光源の全体的な大きさ、あるいは円形状の二次光源から派生的に得られる 2 極状の二次光源または 4 極状の二次光源を構成する各面光源の位置、形状および大きさを適宜変更することができる。

## 【 0 1 4 9 】

図 2 7 は、本発明の第 4 実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。図 2 8 は、第 4 実施形態においてアフォーカルレンズの光路中に配置された円錐アキシコンおよび第 1 V 溝アキシコンの構成を概略的に示す斜視図である。第 4 実施形態は、第 2 実施形態と類似の構成を有する。しかしながら、第 2 実施形態ではアフォーカルレンズ 1 2 の光路中に円錐アキシコンと一対の V 溝アキシコンとが配置されているのに対し、第 4 実施形態では円錐アキシコンおよび第 1 V 溝アキシコンだけが配置されている点が第 2 実施形態と基本的に相違している。以下、第 2 実施形態との相違点に着目して、第 4 実施形態を説明する。なお、図 2 7 および図 2 8 では、一方の V 溝アキシコンとして第 1 V 溝アキシコン 1 5 を示しているが、一方の V 溝アキシコンは第 2 V 溝アキシコン 1 6 であってもよい。

## 【 0 1 5 0 】

第 4 実施形態の 4 極照明では、一方の V 溝アキシコン（1 5 または 1 6）しか配置されていないので、4 極状の二次光源を構成する円形状の各面光源の形状お



よび大きさを維持したままその位置だけを二次元的に変化させることはできない。しかしながら、複数の 4 極照明用回折光学素子 1 1 a を選択的に用いるとともに、円錐アキシコン 1 4、一方の V 溝アキシコン（1 5 または 1 6）、およびズームレンズ 7 の作用を利用することにより、光軸 A X を中心とする円環状の領域において、各面光源の位置、形状および大きさを適宜変更することができる。

## 【 0 1 5 1 】

一方、第 4 実施形態の輪帯照明では、一方の V 溝アキシコン（1 5 または 1 6）しか配置されていないので、輪帯状の二次光源から派生的に 4 極状の二次光源を得ることはできない。しかしながら、複数の輪帯照明用回折光学素子 1 1 b を選択的に用いるとともに、円錐アキシコン 1 4、一方の V 溝アキシコン（1 5 または 1 6）、およびズームレンズ 7 の作用を利用することにより、輪帯状の二次光源の全体的な大きさおよび形状（輪帯比）、あるいは輪帯状の二次光源から派生的に得られる 2 極状の二次光源を構成する各面光源の位置、形状および大きさを適宜変更することができる。

## 【 0 1 5 2 】

さらに、第 4 実施形態の円形照明では、一方の V 溝アキシコン（1 5 または 1 6）しか配置されていないので、円形状の二次光源から派生的に 4 極状の二次光源を得ることはできない。しかしながら、複数の円形照明用回折光学素子 1 1 c を選択的に用いるとともに、円錐アキシコン 1 4、一方の V 溝アキシコン（1 5 または 1 6）、およびズームレンズ 7 の作用を利用することにより、円形状の二次光源の全体的な大きさ、あるいは円形状の二次光源から派生的に得られる 2 極状の二次光源を構成する各面光源の位置、形状および大きさを適宜変更することができる。

## 【 0 1 5 3 】

図 2 9 は、本発明の第 5 実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。第 5 実施形態は、第 2 実施形態と類似の構成を有する。しかしながら、第 5 実施形態では、波面分割型のオプティカルインテグレータ（マイクロフライアイ 8 a）に代えて、内面反射型のオプティカルインテグレータ（ロッド型インテグレータ 7 0）を用いている点が第 2 実施形態と基本的に

相違している。以下、第 2 実施形態との相違点に着目して、第 5 実施形態を説明する。

#### 【 0 1 5 4 】

第 5 実施形態では、マイクロフライアイ 8 a に代えてロッド型インテグレータ 7 0 を配置していることに対応して、回折光学素子 1 1 とロッド型インテグレータ 7 0 との間の光路中に、光源側から順に、ズームレンズ 7 1、第 2 回折光学素子（またはマイクロフライアイ） 7 2、およびインพุットレンズ 7 3 を配置している。また、照明視野絞りとしてのマスクブラインド 1 7 は、ロッド型インテグレータ 7 0 の射出面の近傍に配置されている。

#### 【 0 1 5 5 】

ここで、ズームレンズ 7 1 は、その前側焦点位置が回折光学素子 1 1 の位置とほぼ一致し且つその後側焦点位置が第 2 回折光学素子 7 2 の位置とほぼ一致するように配置されている。なお、ズームレンズ 7 1 の焦点距離の変化は、制御系 2 1 からの指令に基づいて動作する駆動系 2 9 により行われる。また、インพุットレンズ 7 3 は、その前側焦点位置が第 2 回折光学素子 7 2 の位置とほぼ一致し且つその後側焦点位置がロッド型インテグレータ 7 0 の入射面の位置とほぼ一致するように配置されている。

#### 【 0 1 5 6 】

ロッド型インテグレータ 7 0 は、石英ガラスや蛍石のような硝子材料からなる内面反射型のガラスロッドであり、内部と外部との境界面すなわち内面での全反射を利用して集光点を通りロッド入射面に平行な面に沿って内面反射数に応じた数の光源像を形成する。ここで、形成される光源像のほとんどは虚像であるが、中心（集光点）の光源像のみが実像となる。すなわち、ロッド型インテグレータ 7 0 に入射した光束は内面反射により角度方向に分割され、集光点を通りその入射面に平行な面に沿って多数の光源像からなる二次光源が形成される。

#### 【 0 1 5 7 】

したがって、第 5 実施形態の 4 極照明（輪帯照明または円形照明）では、照明光路に選択的に設置された回折光学素子 1 1 a（1 1 b または 1 1 c）を通過した光束が、ズームレンズ 7 1 を介して、第 2 回折光学素子 7 2 上に 4 極状（輪帯

状または円形状)の照野を形成する。第2回折光学素子72を通過した光束は、インพุットレンズ73を介して、ロッド型インテグレータ70の入射面の近傍に集光する。図30は、第5実施形態における第2回折光学素子の作用を説明する図である。

## 【0158】

図30(a)に示すように、第2回折光学素子72が配置されていない場合、ズームレンズ71およびインพุットレンズ73を介した光束が、ロッド型インテグレータ70の入射面70a上においてほぼ一点に集光する。その結果、ロッド型インテグレータ70によりその入射側に形成される多数の光源が非常に散逸的になり(二次光源全体に対する各光源の充填率が小さくなり)、実質的な面光源を得ることができなくなってしまう。

## 【0159】

そこで、第5実施形態では、光束発散素子としての第2回折光学素子72をインพุットレンズ73の前側焦点位置の近傍に配置している。こうして、図30(b)に示すように、第2回折光学素子72を介して発散された光束が、インพุットレンズ73を介して、ロッド型インテグレータ70の入射面70a上において所定の広がりをもって集光する。その結果、ロッド型インテグレータ70によりその入射側に形成される多数の光源が非常に密実になり(二次光源全体に対する各光源の充填率が大きくなり)、実質的な面光源としての二次光源を得ることができる。

## 【0160】

ロッド型インテグレータ70によりその入射側に形成された4極状(輪帯状または円形状)の二次光源からの光束は、その射出面において重畳された後、マスクブラインド17および結像光学系18を介して、所定のパターンが形成されたマスクMを照明する。なお、第5実施形態では、ズームレンズ71の前側レンズ群71aと後側レンズ群71bとの間の光路中に、光源側から順に、円錐アキシコン14、第1V溝アキシコン15、および第2V溝アキシコン16が配置されている。

## 【0161】

したがって、第 5 実施形態の 4 極照明においても第 2 実施形態と同様に、複数の 4 極照明用回折光学素子 1 1 a を選択的に用いるとともに、円錐アキシコン 1 4、第 1 V 溝アキシコン 1 5、第 2 V 溝アキシコン 1 6、およびズームレンズ 7 1 の作用を利用することにより、光軸 A X を中心とする円環状の領域において、輪帯状の二次光源を構成する各面光源の位置、形状および大きさを適宜変更することができる。

## 【 0 1 6 2 】

また、第 5 実施形態の輪帯照明においても第 2 実施形態と同様に、複数の輪帯照明用回折光学素子 1 1 b を選択的に用いるとともに、円錐アキシコン 1 4、第 1 V 溝アキシコン 1 5、第 2 V 溝アキシコン 1 6、およびズームレンズ 7 1 の作用を利用することにより、輪帯状の二次光源の全体的な大きさおよび形状（輪帯比）、あるいは輪帯状の二次光源から派生的に得られる 2 極状の二次光源または 4 極状の二次光源を構成する各面光源の位置、形状および大きさを適宜変更することができる。

## 【 0 1 6 3 】

さらに、第 5 実施形態の円形照明においても第 2 実施形態と同様に、複数の円形照明用回折光学素子 1 1 c を選択的に用いるとともに、円錐アキシコン 1 4、第 1 V 溝アキシコン 1 5、第 2 V 溝アキシコン 1 6、およびズームレンズ 7 1 の作用を利用することにより、円形状の二次光源の全体的な大きさ、あるいは円形状の二次光源から派生的に得られる 2 極状の二次光源または 4 極状の二次光源を構成する各面光源の位置、形状および大きさを適宜変更することができる。

## 【 0 1 6 4 】

以上のように、第 2 実施形態～第 5 実施形態においても、V 溝アキシコン 1 5 または 1 6 の間隔を変化させることにより、二次光源の全体の大きさおよび形状が X 方向または Z 方向に変化する。その結果、マスク M 上の直交する二方向（X 方向および Y 方向）で互いに異なる照明条件を実現することができ、ひいてはパターンに方向性があるマスク M 上の直交する二方向で最適な照明条件を設定することができる。

## 【 0 1 6 5 】

なお、上述の第2実施形態～第5実施形態のうち、可変手段として一对のV溝アキシコン15および16だけを備えた第3実施形態は、メモリー（DRAMなど）のリソグラフィー工程に特に好適である。また、可変手段として円錐アキシコン14と一方のV溝アキシコン（15または16）とだけを備えた第4実施形態は、ロジックデバイス（MPUなど）のリソグラフィー工程に特に好適である。さらに、可変手段として円錐アキシコン14と一对のV溝アキシコン15および16とを備えた第2実施形態および第5実施形態は、半導体デバイスを含む一般的なマイクロデバイスのリソグラフィー工程に好適である。

## 【0166】

ところで、以上の第5実施形態（図29を参照）では、アキシコン系（14、15、16）のマスク側に配置されたオプティカルインテグレータを内面反射型オプティカルインテグレータ（ロッド型オプティカルインテグレータ）70とした例を説明したが、前述したオプティカルインテグレータとしてのフライアイレンズ8やマイクロフライアイ8aを内面反射型オプティカルインテグレータ（ロッド型オプティカルインテグレータ）70と置き換えることもできることは言うまでもない。

## 【0167】

また、以上の第2実施形態、第3実施形態、および第5実施形態（図10、図25および図29を参照）では、第1V溝アキシコン15のV溝の方向をZ方向（0°方向）とし、第2V溝アキシコン16のV溝の方向をX方向（90°方向）とした例を示したが、本発明はこの配置に限定されるものではなく、例えば、第1V溝アキシコン15のV溝の方向を光軸中心に時計回りに45°回転した方向（45°方向）とし、第2V溝アキシコン16のV溝の方向を光軸中心に時計回りに45°回転した方向（135°方向）等にすることができる。これにより、マイクロフライアイ8aに入射する溝の影が斜めとなり照度むらを低減できる効果が期待できる。さらには、第1V溝アキシコン15のV溝の方向と第2V溝アキシコン16のV溝の方向とのなす角（交差角）を望まれる照明条件に応じて任意に変更することができる。以上の如く、2つのV溝アキシコンの溝の交差角を変更するには、制御系21は、入力手段20を介して入力された入力情報に基

づいて駆動系 2 8 b と駆動系 2 8 c との少なくとも一方を駆動させて、第 1 V 溝アキシコン 1 5 と第 2 V 溝アキシコン 1 6 とを光軸中心に相対的に回転させれば良い。

#### 【 0 1 6 8 】

さらに、以上の第 4 実施形態（図 2 7 を参照）では、V 溝アキシコン 1 5 の V 溝の方向を Z 方向（ $0^\circ$  方向）とした例を示したが、本発明はこの配置に限定されるものではなく、例えば、V 溝アキシコン 1 5 の V 溝の方向を光軸中心に  $45^\circ$  回転した方向（ $45^\circ$  方向）、 $90^\circ$  回転した方向（ $90^\circ$  方向）、 $135^\circ$  回転した方向（ $135^\circ$  方向）等にすることができる。すなわち、V 溝アキシコン 1 5 の V 溝の方向を望まれる照明条件に応じて任意に変更することができる。以上の如く、V 溝アキシコンの溝の方向を変更するには、制御系 2 1 は、入力手段 2 0 を介して入力された入力情報に基づいて駆動系 2 8 b を駆動させて、V 溝アキシコン 1 5 を光軸中心に所定の回転量だけ回転させれば良い。

#### 【 0 1 6 9 】

また、以上の各実施形態では、回折光学素子（1 1 a, 1 1 b, 1 1 c）と  $\sigma$  値可変用のズームレンズ 7（変倍光学系）との併用で  $\sigma$  値の可変範囲を 0. 1 から 0. 9 5（ $0. 1 \leq \sigma \leq 0. 9 5$ ）とすることが好ましいが、 $\sigma$  値可変用のズームレンズ 7（変倍光学系）を構成するレンズ枚数やそのスペース等の制約が解消されれば、装置として要求される 0. 1 ～ 0. 9 5 の  $\sigma$  値の範囲を連続的に可変とすることができる。

#### 【 0 1 7 0 】

また、以上の第 1 実施形態～第 5 実施形態における輪帯照明において、照明光学系の瞳（投影光学系の瞳）に形成される輪帯光束は、0. 4 ～ 0. 9 5 の  $\sigma$  値の範囲（ $0. 4 \leq \sigma \leq 0. 9 5$ ）内で輪帯比を可変とすることが望ましい。さらに、以上の第 1 実施形態～第 5 実施形態における 2 極照明や 4 極照明を始めとした多極照明において、照明光学系の瞳（投影光学系の瞳）に形成される多極状光束は、0. 4 ～ 0. 9 5 の  $\sigma$  値の範囲（ $0. 4 \leq \sigma \leq 0. 9 5$ ）内で位置や大きさを可変とすることが望ましい。

#### 【 0 1 7 1 】

さらに、また、以上の第1実施形態～第5実施形態において、投影光学系P Lに残存する収差または経時的に変化する収差（波面収差等）を計測するために、例えば、米国特許第5, 8 2 8, 4 5 5号や米国特許第5, 9 7 8, 0 8 5号等に関示されている収差計測用マスク（収差計測用レチクル）をマスク（レチクル）Mを保持する不図示のマスクステージM Sに載置し、その収差計測用マスクに対して適切な照明をすることによって、投影光学系P Lの収差（波面収差等）を高精度に計測することが可能である。ここで、投影光学系P Lの収差（波面収差等）を高精度に計測し得る照明条件をさまざまな角度から研究を進めてきた結果、照明光学系の $\sigma$ 値を $0.01 \leq \sigma \leq 0.3$ の範囲の何れかに設定することが好ましいことが判明した。さらに、投影光学系P Lの収差（波面収差等）をより一層、高精度に計測するには、照明光学系の $\sigma$ 値を $0.02 \leq \sigma \leq 0.2$ の範囲の何れかに設定することがより一層好ましい。このように、照明光学系の $\sigma$ 値を $0.01 \leq \sigma \leq 0.3$ の範囲または $0.02 \leq \sigma \leq 0.2$ の範囲に照明条件を設定するには、以上の各実施形態における照明条件設定手段（4 a, 4 b, 5, 7, 1 0, 1 1 a～1 1 c, 1 2, 1 4～1 6, 7 1, 7 1 a）の一部を構成する回折光学素子（1 1 a, 1 1 b, 1 1 c）の代わりに、極小 $\sigma$ 値を設定する計測用の回折光学素子を設定すれば良い。なお、以上の第1実施形態～第5実施形態の投影光学系P Lに収差が発生している場合には、計測された収差情報を入力手段2 0に入力し、制御系2 1は、例えば、入力手段2 0を介して入力された収差情報に基づいて不図示の駆動系を介して、投影光学系P Lを構成する少なくとも1つの光学素子（レンズやミラー等）を移動（投影光学系P Lの光軸方向の移動、光軸と直交する方向の移動、光軸に対して傾斜、光軸回りに回転）させることにより、投影光学系P Lの収差を始めとした光学特性の悪化を補正することができる。

#### 【0 1 7 2】

また、以上の第1実施形態～第5実施形態に示した装置を走査型露光装置とした場合には、照明光学系はマスクM上にスリット状（短手方向と長手方向とを有する長形状）の照明領域（図1、図1 0、図2 5、図2 7および図2 9の紙面方向又は走査方向に短手方向を有する照明領域）を、ウェハW上にスリット状の

露光領域を形成し、不図示のマスキステージMSに保持されたマスクと、不図示のウェハステージ（基板ステージ）WSに保持されたウェハ（基板）とを走査方向（図1、図10、図25、図27および図29の紙面方向）に沿って反対向きへ移動させることにより、マスクMのパターン像が投影光学系PLを介してウェハW上に形成される。この場合、不図示のマスキステージMS及び不図示のウェハステージ（基板ステージ）WSは、不図示の各ステージを駆動させる駆動装置を介して制御系21によって制御される。

## 【0173】

以上の各実施形態に示した装置において、オプティカルインテグレータとしてのフライアイレンズ（アレイ状光学素子）8やマイクロフライアイ（マイクロアレイ状光学素子）8aを構成する多数の光学素子（レンズ素子）の個々の断面形状は、マスクM上に形成されるスリット状（短手方向と長手方向とを有する長方形形状）の照明領域、およびウェハW上に形成されるスリット状（短手方向と長手方向とを有する長方形形状）の露光領域と相似とすることが好ましい。

## 【0174】

また、以上の各実施形態に示した如く、オプティカルインテグレータとしてのフライアイレンズ（アレイ状光学素子）8やマイクロフライアイ（マイクロアレイ状光学素子）8aを内面反射型オプティカルインテグレータ（ロッド型オプティカルインテグレータ）に置き換えた走査型露光装置の場合、および第5実施形態の如くオプティカルインテグレータを内面反射型オプティカルインテグレータ（ロッド型オプティカルインテグレータ）とした走査型露光装置の場合、内面反射型オプティカルインテグレータ（ロッド型オプティカルインテグレータ）の断面形状は、マスクM上に形成されるスリット状（短手方向と長手方向とを有する長方形形状）の照明領域、およびウェハW上に形成されるスリット状（短手方向と長手方向とを有する長方形形状）の露光領域と相似とすることが好ましい。

## 【0175】

なお、以上の各実施形態に示した装置を走査型露光装置とした場合、投影光学系PLの大型化及び複雑化を招くことなく効率良く広い視野を保ちながら、高いスループットのもとでの走査露光を達成するためには、マスクM上に形成される



スリット状の照明領域（またはウェハW上に形成されるスリット状の露光領域）における短手方向の長さを $L_s$ とし、その照明領域の長手方向の長さを $L_l$ とすると、 $0.05 < L_s / L_l < 0.7$ の関係を満たすことが好ましい。以上の各実施形態に示した走査型露光装置では、例えば、 $L_s / L_l = 1 / 3$ としている。

## 【0176】

上述の各実施形態にかかる露光装置では、照明光学装置によってマスク（レチクル）を照明し（照明工程）、投影光学系を用いてマスクに形成された転写用のパターンを感光性基板に露光する（露光工程）ことにより、マイクロデバイス（半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等）を製造することができる。以下、上述の各実施形態の露光装置を用いて感光性基板としてのウェハ等に所定の回路パターンを形成することによって、マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法の一例につき図8のフローチャートを参照して説明する。

## 【0177】

先ず、図8のステップ301において、1ロットのウェハ上に金属膜が蒸着される。次のステップ302において、その1ロットのウェハ上の金属膜上にフォトレジストが塗布される。その後、ステップ303において、上述の各実施形態の露光装置を用いて、マスク上のパターンの像がその投影光学系を介して、その1ロットのウェハ上の各ショット領域に順次露光転写される。その後、ステップ304において、その1ロットのウェハ上のフォトレジストの現像が行われた後、ステップ305において、その1ロットのウェハ上でレジストパターンをマスクとしてエッチングを行うことによって、マスク上のパターンに対応する回路パターンが、各ウェハ上の各ショット領域に形成される。その後、更に上のレイヤの回路パターンの形成等を行うことによって、半導体素子等のデバイスが製造される。上述の半導体デバイス製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する半導体デバイスをスループット良く得ることができる。

## 【0178】

また、上述の各実施形態の露光装置では、プレート（ガラス基板）上に所定の

パターン（回路パターン、電極パターン等）を形成することによって、マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得ることもできる。以下、図9のフローチャートを参照して、このときの手法の一例につき説明する。図9において、パターン形成工程401では、上述の各実施形態の露光装置を用いてマスクのパターンを感光性基板（レジストが塗布されたガラス基板等）に転写露光する、所謂光リソグラフィ工程が実行される。この光リソグラフィ工程によって、感光性基板上には多数の電極等を含む所定パターンが形成される。その後、露光された基板は、現像工程、エッチング工程、レチクル剥離工程等の各工程を経ることによって、基板上に所定のパターンが形成され、次のカラーフィルター形成工程402へ移行する。

## 【0179】

次に、カラーフィルター形成工程402では、R（Red）、G（Green）、B（Blue）に対応した3つのドットの組がマトリックス状に多数配列されたり、またはR、G、Bの3本のストライプのフィルターの組を複数水平走査線方向に配列したカラーフィルターを形成する。そして、カラーフィルター形成工程402の後に、セル組み立て工程403が実行される。セル組み立て工程403では、パターン形成工程401にて得られた所定パターンを有する基板、およびカラーフィルター形成工程402にて得られたカラーフィルター等を用いて液晶パネル（液晶セル）を組み立てる。セル組み立て工程403では、例えば、パターン形成工程401にて得られた所定パターンを有する基板とカラーフィルター形成工程402にて得られたカラーフィルターとの間に液晶を注入して、液晶パネル（液晶セル）を製造する。

## 【0180】

その後、モジュール組み立て工程404にて、組み立てられた液晶パネル（液晶セル）の表示動作を行わせる電気回路、バックライト等の各部品を取り付けて液晶表示素子として完成させる。上述の液晶表示素子の製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する液晶表示素子をスループット良く得ることができる。

## 【0181】

なお、上述の各実施形態では、変形照明において4極状や輪帯状の二次光源を例示的に形成しているが、光軸に対して偏心した2つの面光源からなる2極状の二次光源や、光軸に対して偏心した8つの面光源からなる8極状の二次光源のような、いわゆる複数極状あるいは多極状の二次光源を形成することもできる。

#### 【0182】

また、上述の各実施形態では、照明光学装置を備えた投影露光装置を例にとって本発明を説明したが、マスク以外の被照射面を照明するための一般的な照明光学装置に本発明を適用することができることは明らかである。

#### 【0183】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明の照明光学装置では、オプティカルインテグレータへの入射光束の所定方向に沿った入射角度を変化させるために、入射光束の縦横比を変更する縦横比変更素子を備えている。したがって、この縦横比変更素子の作用により、二次光源の全体の大きさを所定方向に沿って変化させることができ、ひいては被照射面上の直交する二方向で互いに異なる照明条件を実現することができる。

#### 【0184】

したがって、本発明の照明光学装置を組み込んだ露光装置では、パターンに方向性があるマスク上の直交する二方向で最適な照明条件を設定することができ、良好な照明条件のもとで良好なマイクロデバイスを製造することができる。さらに、また、本発明は、適切な照明条件のもとでマスクのパターンを正確に転写することができ、同時に、マスクのパターンを正確に転写するのに際して、投影光学系の光学性能を高精度で確認し得る露光装置や露光方法等を実現でき、さらには良好なるマイクロデバイスを製造することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

本発明の第1実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。

#### 【図2】

フライアイレンズの後側焦点面に形成される4極状の二次光源の構成を概略的に示す図である。

【図3】

アフォーカルズームレンズの光路中に配置されたV溝アキシコンを構成する一対のプリズムの構成を概略的に示す図である。

【図4】

V溝アキシコンの間隔の変化、アフォーカルズームレンズの倍率の変化、およびズームレンズの焦点距離の変化が4極状の二次光源に及ぼす影響を模式的に説明する図である。

【図5】

V溝アキシコンの間隔の変化、アフォーカルズームレンズの倍率の変化、およびズームレンズの焦点距離の変化が輪帯状の二次光源に及ぼす影響を模式的に説明する図である。

【図6】

V溝アキシコンの屈折面形状に関する変形例を示す図である。

【図7】

V溝アキシコンの回転および組み合わせに関する変形例を示す図である。

【図8】

マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法のフローチャートである。

【図9】

マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得る際の手法のフローチャートである。

【図10】

本発明の第2実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図11】

第2実施形態においてアフォーカルレンズの前側レンズ群と後側レンズ群との間の光路中に配置された3つのアキシコンの構成を概略的に示す斜視図である。

【図 1 2】

第 2 実施形態の 4 極照明において形成される二次光源に対する円錐アキシコンの作用を説明する図である。

【図 1 3】

第 2 実施形態の 4 極照明において形成される二次光源に対するズームレンズの作用を説明する図である。

【図 1 4】

第 2 実施形態の 4 極照明において形成される二次光源に対する第 1 V 溝アキシコンおよび第 2 V 溝アキシコンの作用を説明する図である。

【図 1 5】

第 2 実施形態の 4 極照明において形成される円形状の各面光源に対する円錐アキシコン、ズームレンズ、第 1 V 溝アキシコンおよび第 2 V 溝アキシコンの作用を説明する図である。

【図 1 6】

第 2 実施形態において特性の異なる 3 種類の 4 極照明用回折光学素子を介して形成される各面光源およびその移動範囲について説明する図である。

【図 1 7】

第 2 実施形態の第 1 変形例において特性の異なる 4 種類の 4 極照明用回折光学素子を介して形成される各面光源並びにその移動および変形について説明する図である。

【図 1 8】

第 2 実施形態の第 1 変形例において特性の異なる 4 種類の 4 極照明用回折光学素子を介して形成される各面光源並びにその移動および変形について説明する図である。

【図 1 9】

第 2 実施形態の第 2 変形例において特性の異なる 2 種類の 4 極照明用回折光学素子を介して形成される各面光源並びにその移動および変形について説明する図である。

【図 2 0】

第 2 実施形態の輪帯照明において形成される二次光源に対する円錐アキシコンの作用を説明する図である。

【図 2 1】

第 2 実施形態の輪帯照明において形成される二次光源に対するズームレンズの作用を説明する図である。

【図 2 2】

第 2 実施形態の輪帯照明において形成される二次光源に対する第 1 V 溝アキシコンおよび第 2 V 溝アキシコンの作用を説明する図である。

【図 2 3】

第 2 実施形態の第 3 変形例を説明する図である。

【図 2 4】

第 2 実施形態の円形照明において形成される二次光源に対する第 1 V 溝アキシコンおよび第 2 V 溝アキシコンの作用を説明する図である。

【図 2 5】

本発明の第 3 実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図 2 6】

第 3 実施形態においてアフォーカルレンズの光路中に配置された一対の V 溝アキシコンの構成を概略的に示す斜視図である。

【図 2 7】

本発明の第 4 実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図 2 8】

第 4 実施形態においてアフォーカルレンズの光路中に配置された円錐アキシコンおよび第 1 V 溝アキシコンの構成を概略的に示す斜視図である。

【図 2 9】

本発明の第 5 実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図 3 0】

第 5 実施形態における第 2 回折光学素子の作用を説明する図である。

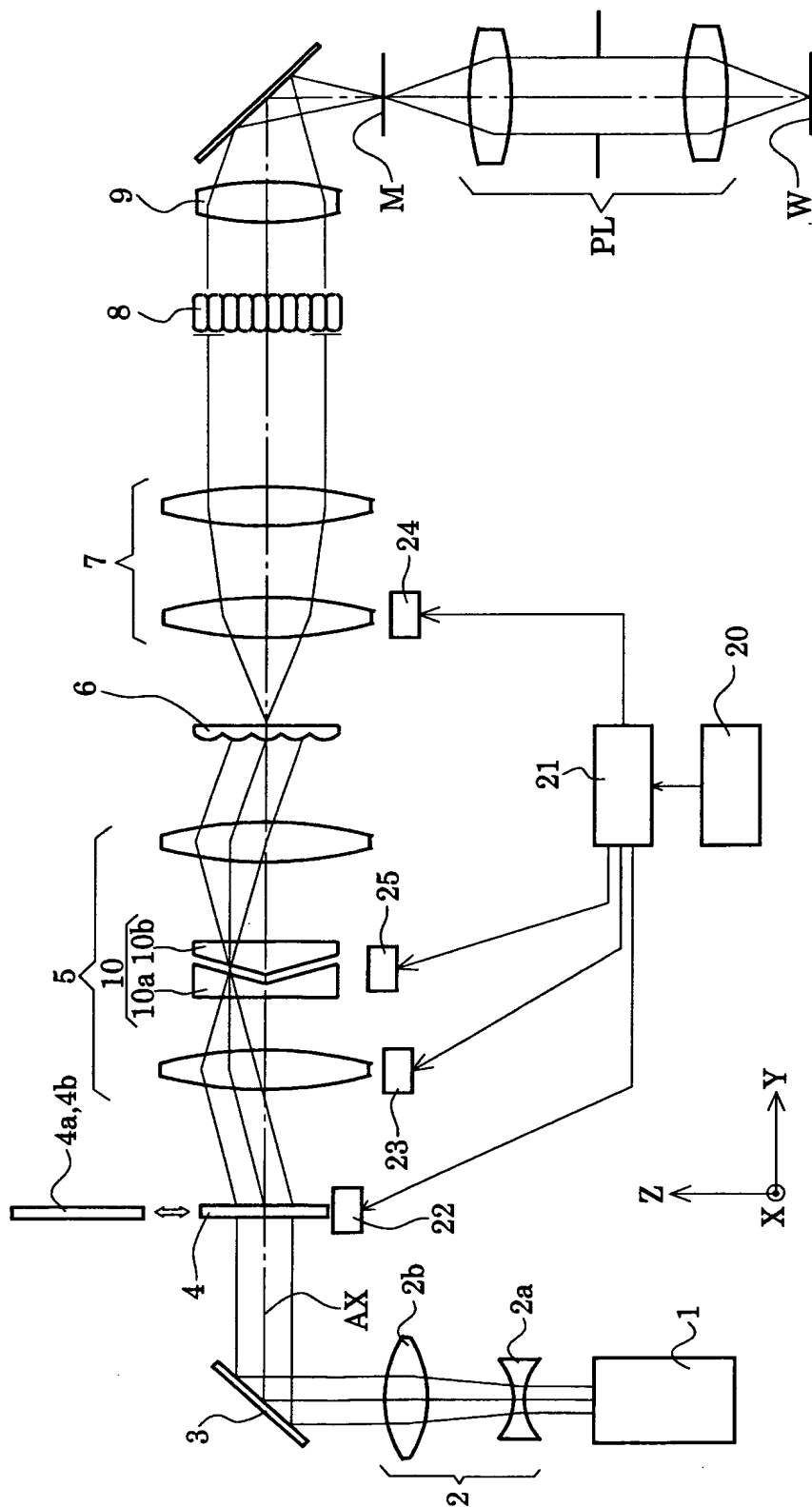
【符号の説明】

- 1 光源
- 4 回折光学素子
- 5 アフォーカルズームレンズ
- 6 マイクロフライアイ
- 7 ズームレンズ
- 8 フライアイレンズ
- 8 a マイクロフライアイ
- 9 コンデンサー光学系
- 1 0 V溝アキシコン
- 1 1, 7 2 回折光学素子
- 1 2 アフォーカルレンズ
- 1 4 円錐アキシコン
- 1 5, 1 6 V溝アキシコン
- 1 7 マスクブラインド
- 1 8 結像光学系
- 7 0 ロッド型インテグレータ
- 7 1 ズームレンズ
- 7 3 インพุットレンズ
- M マスク
- P L 投影光学系
- W ウェハ
- 2 0 入力手段
- 2 1 制御系
- 2 2 ~ 2 9 駆動系

【書類名】

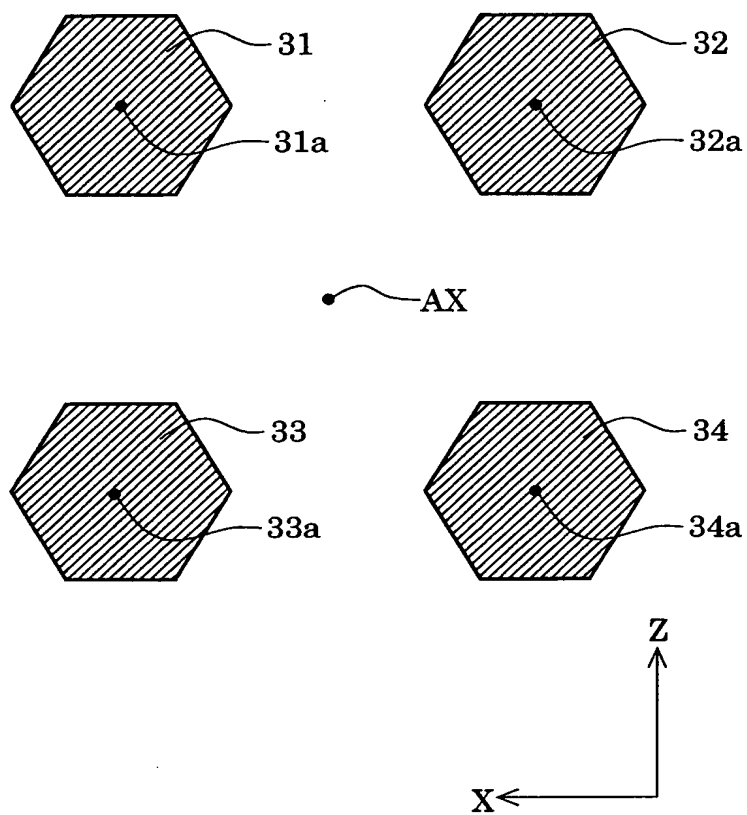
図面

【図 1】

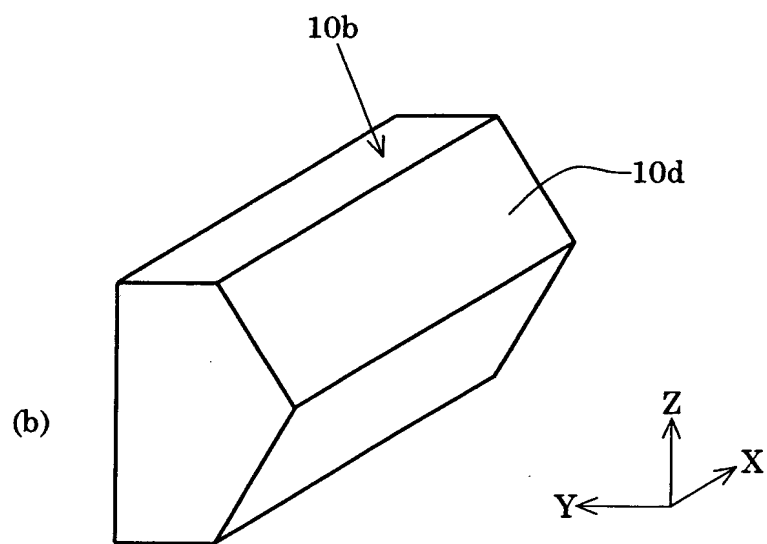
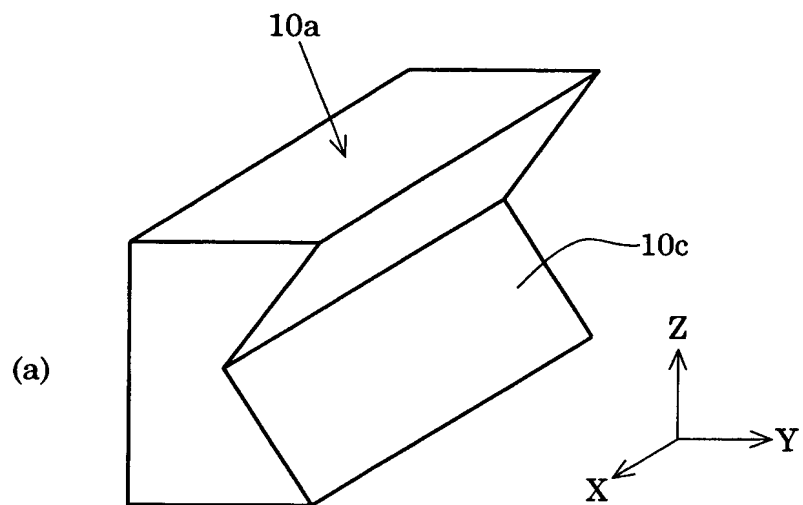




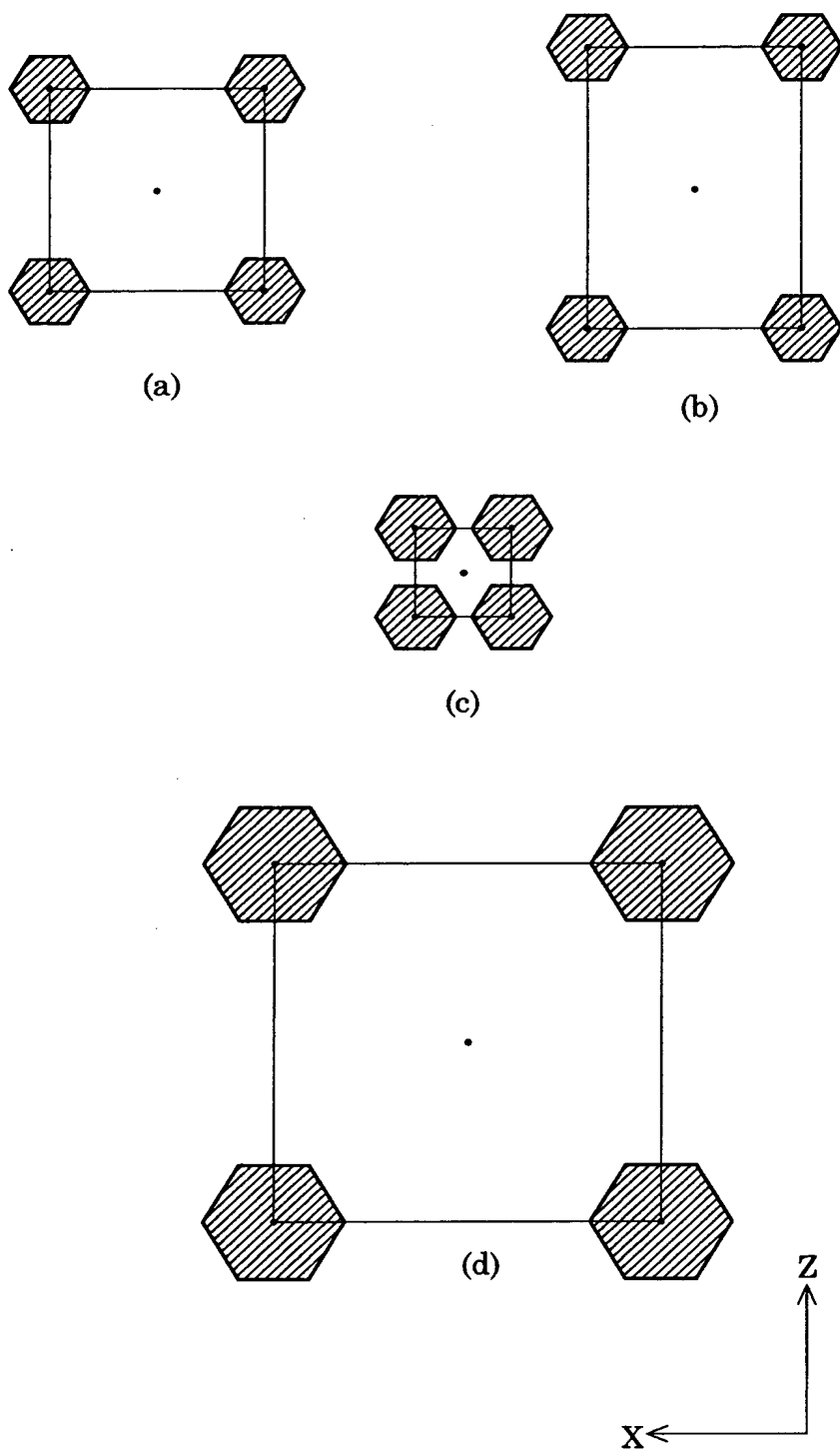
【図 2】



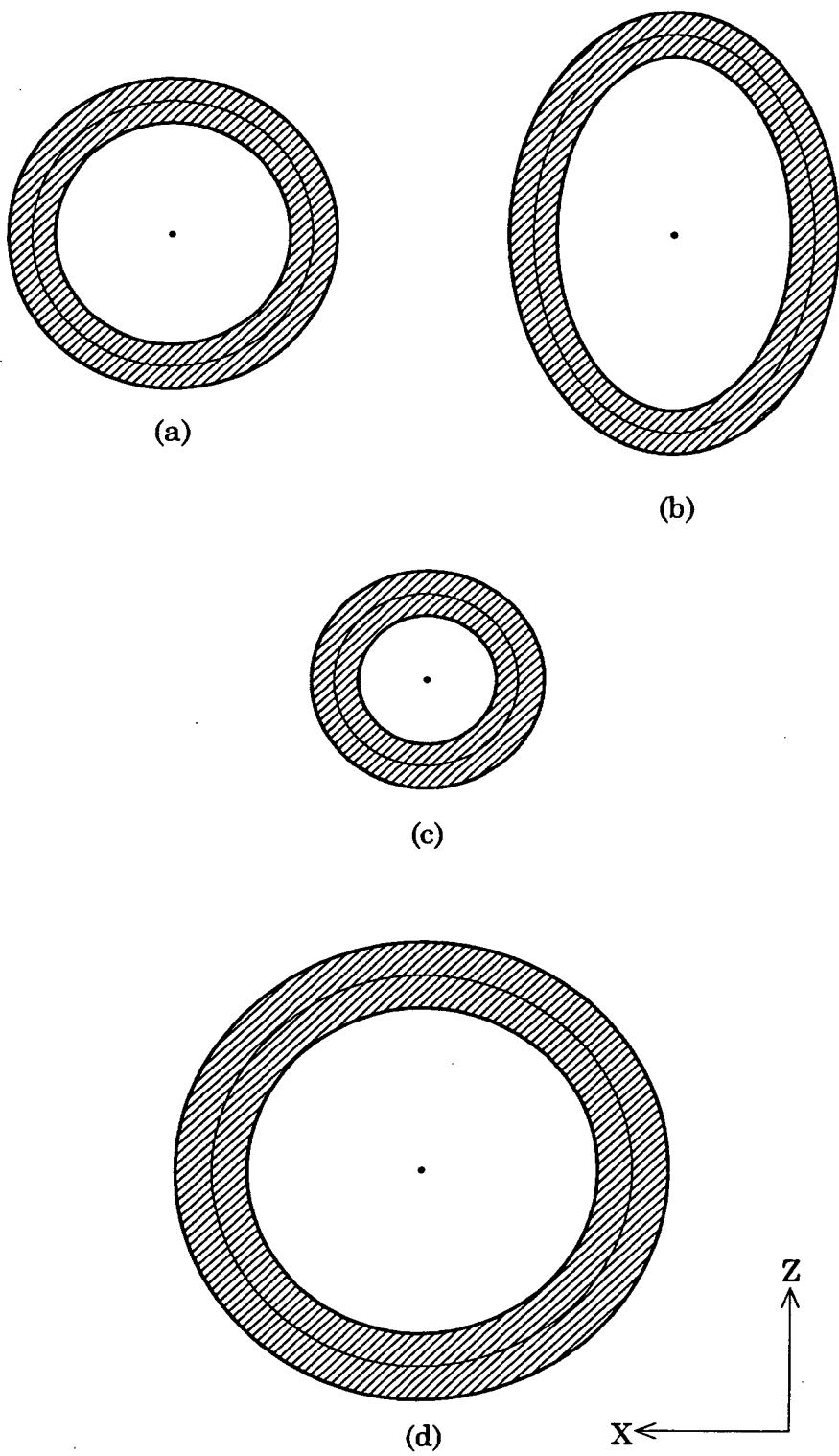
【図 3】



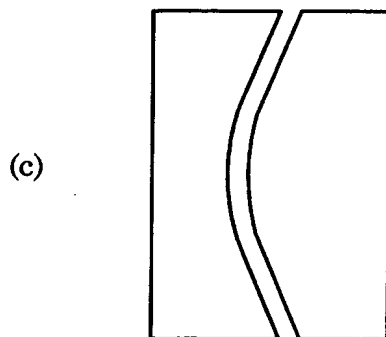
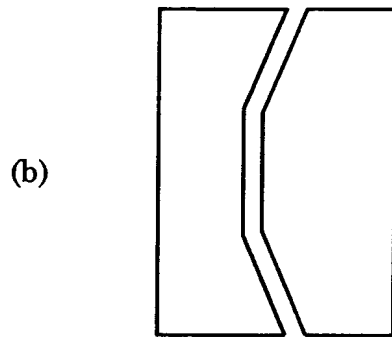
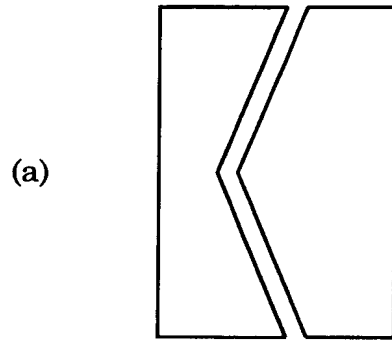
【図 4】



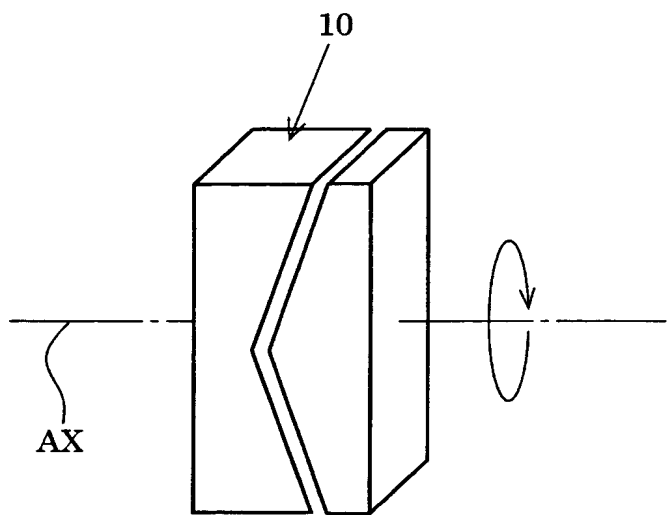
【図 5】



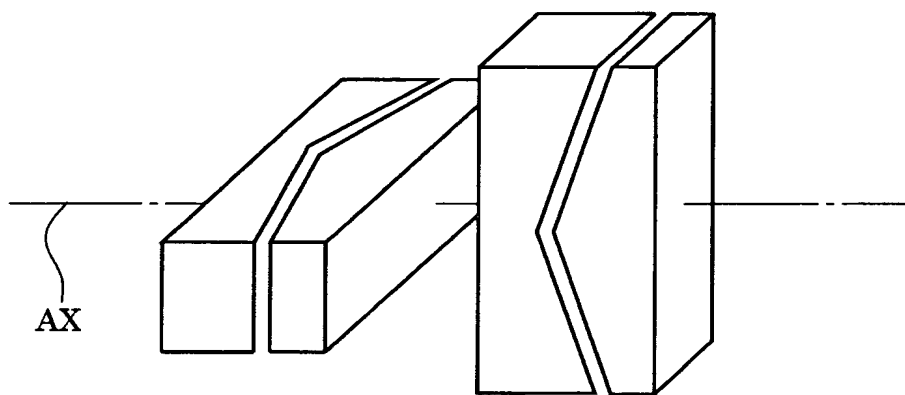
【図 6】



【図 7】

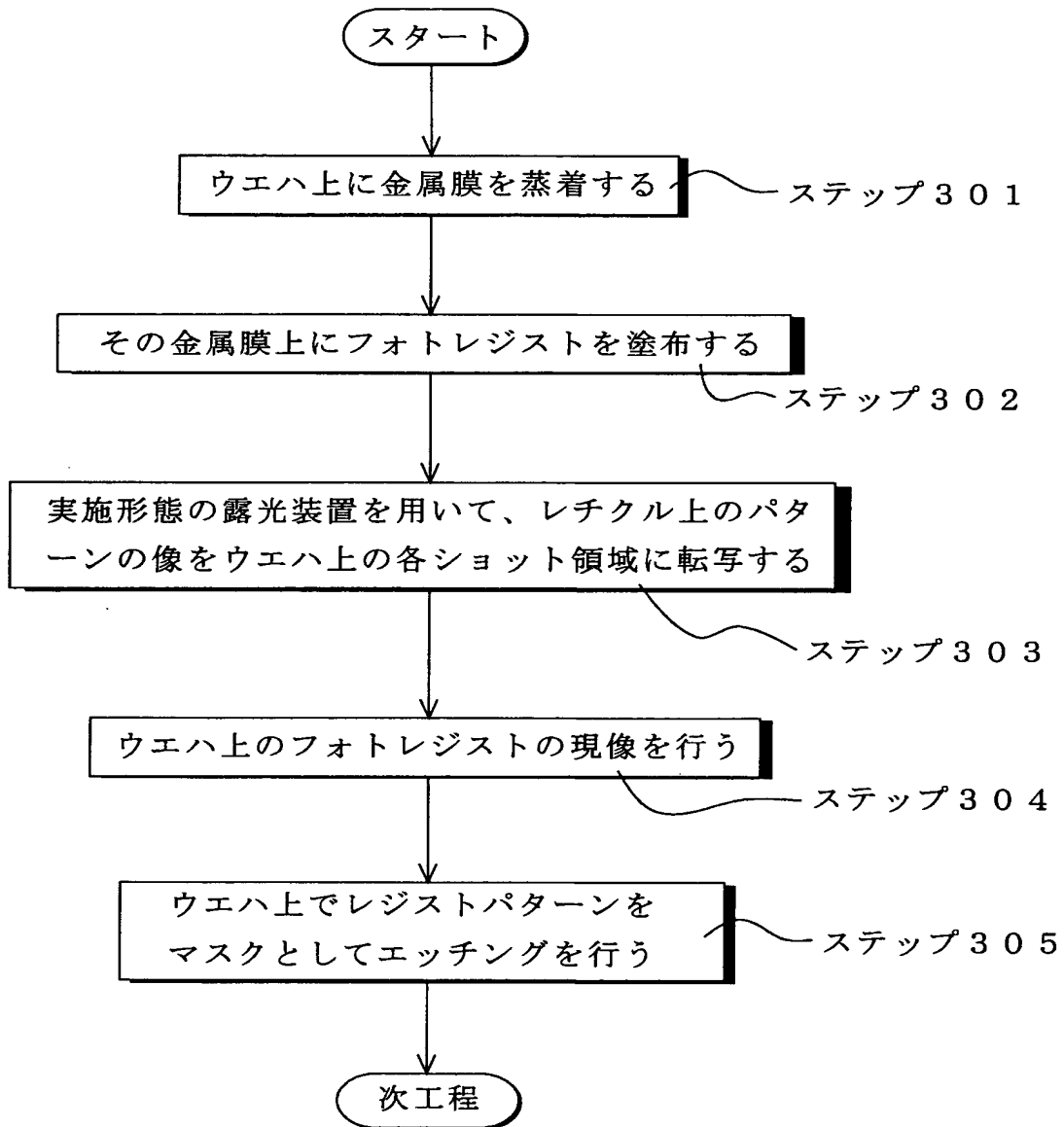


(a)

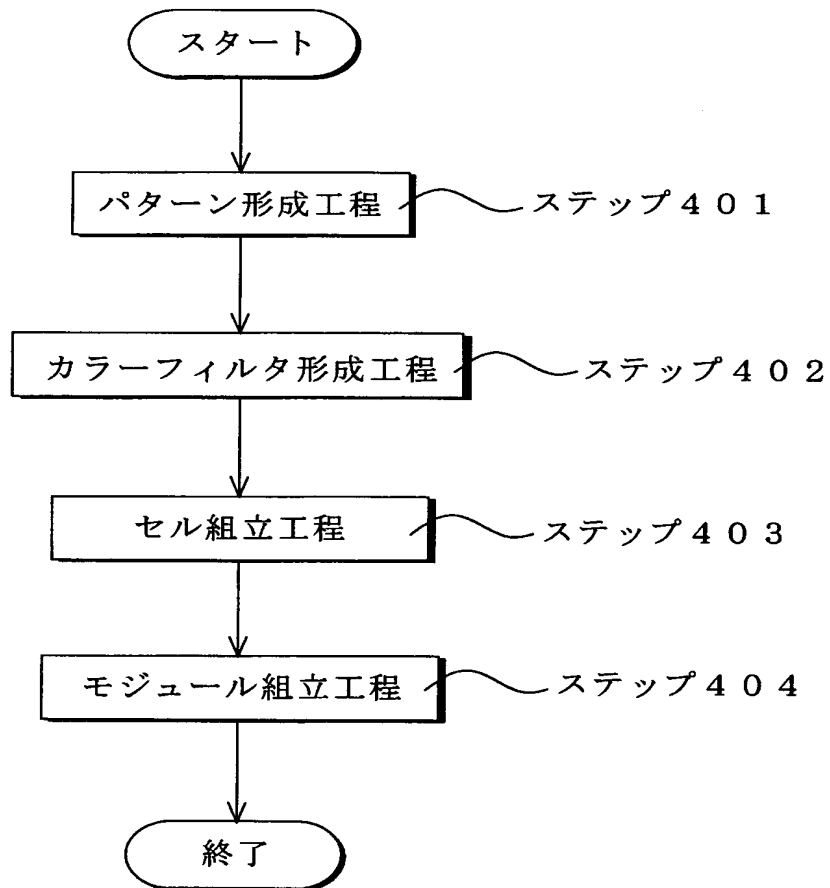


(b)

【図 8】

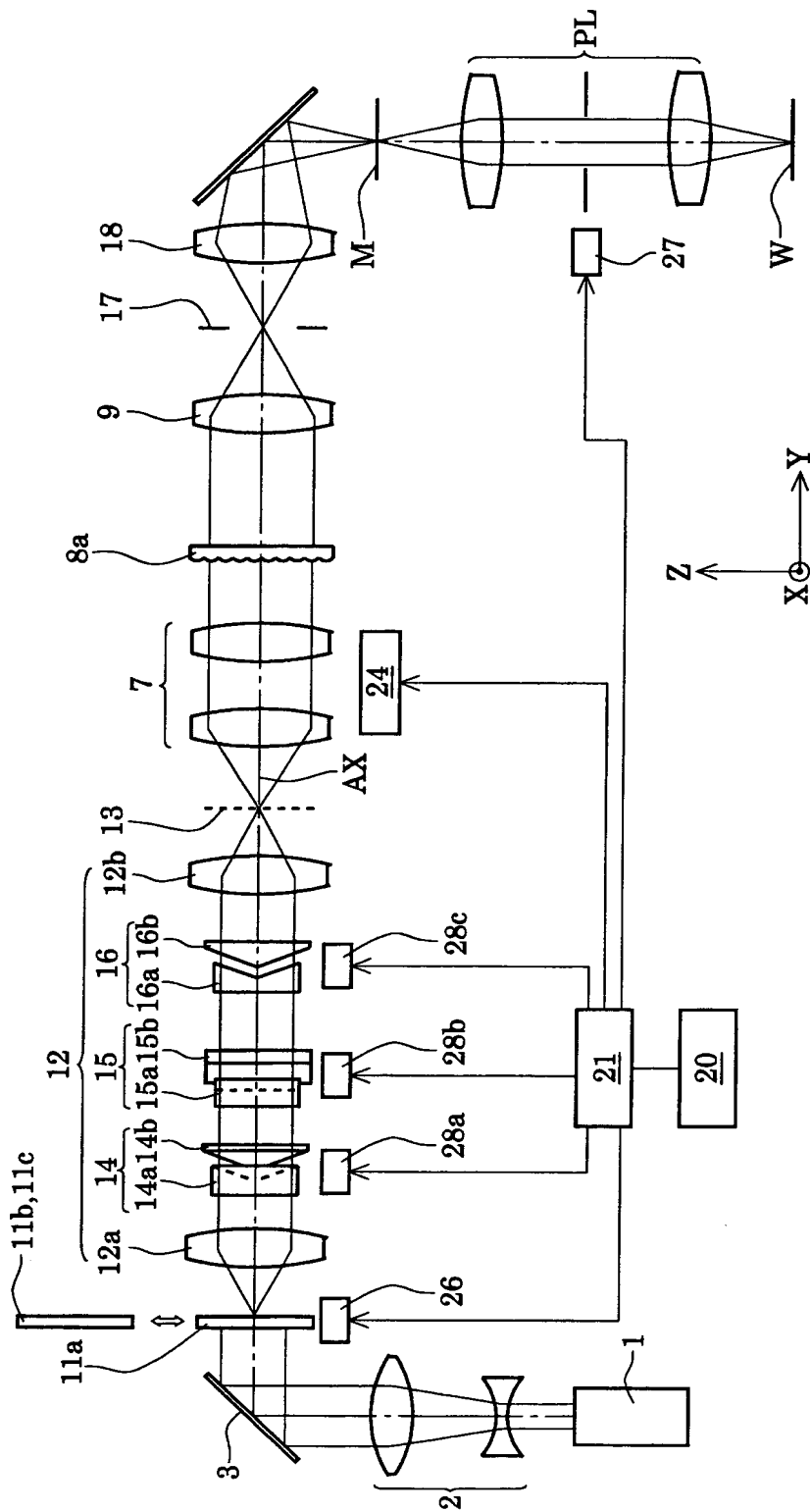


【図 9】

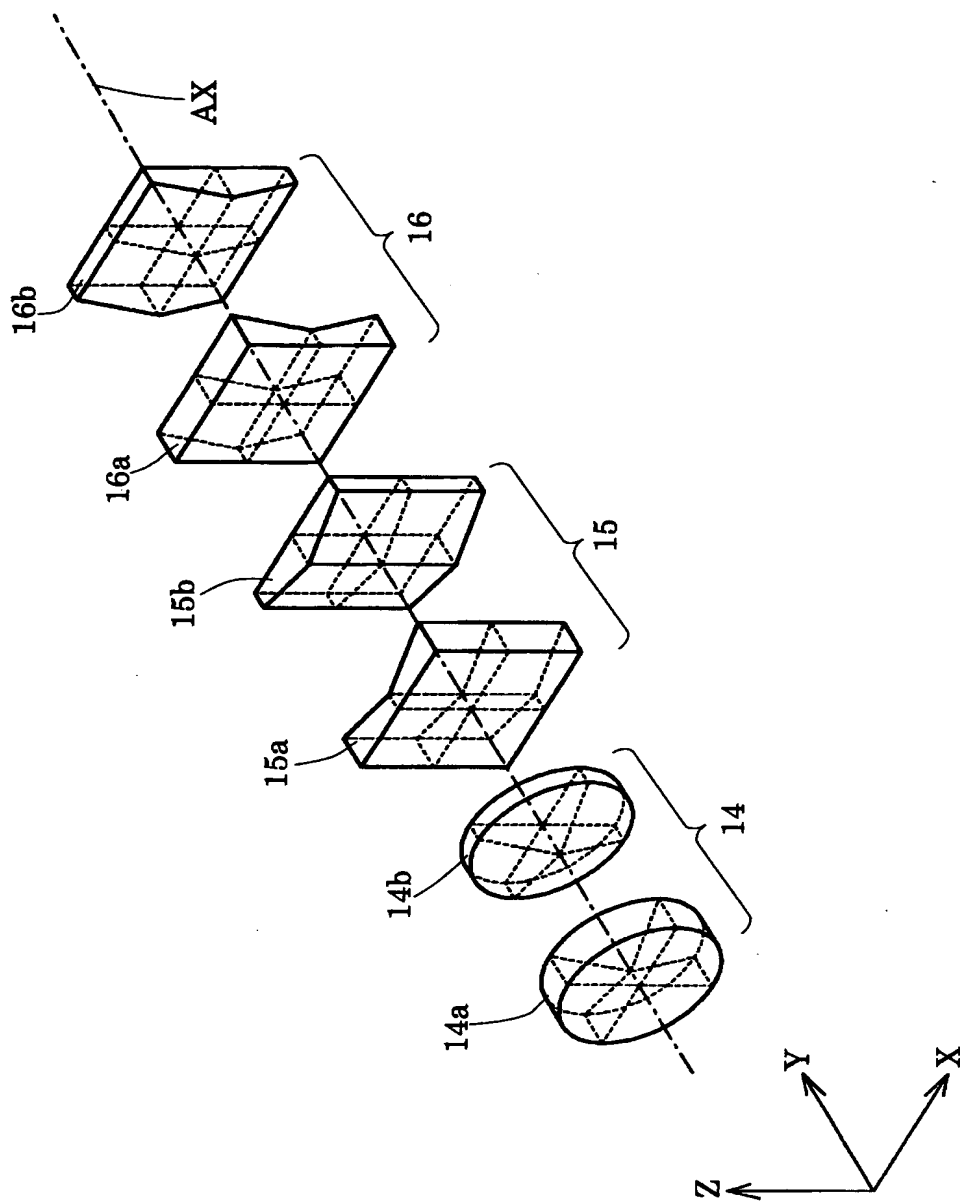




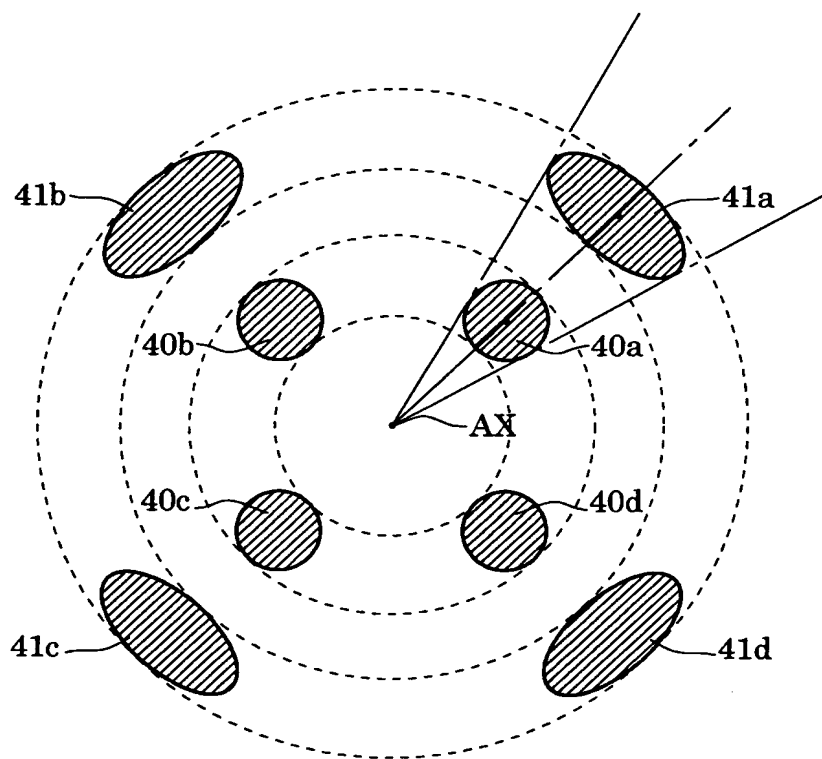
【図10】



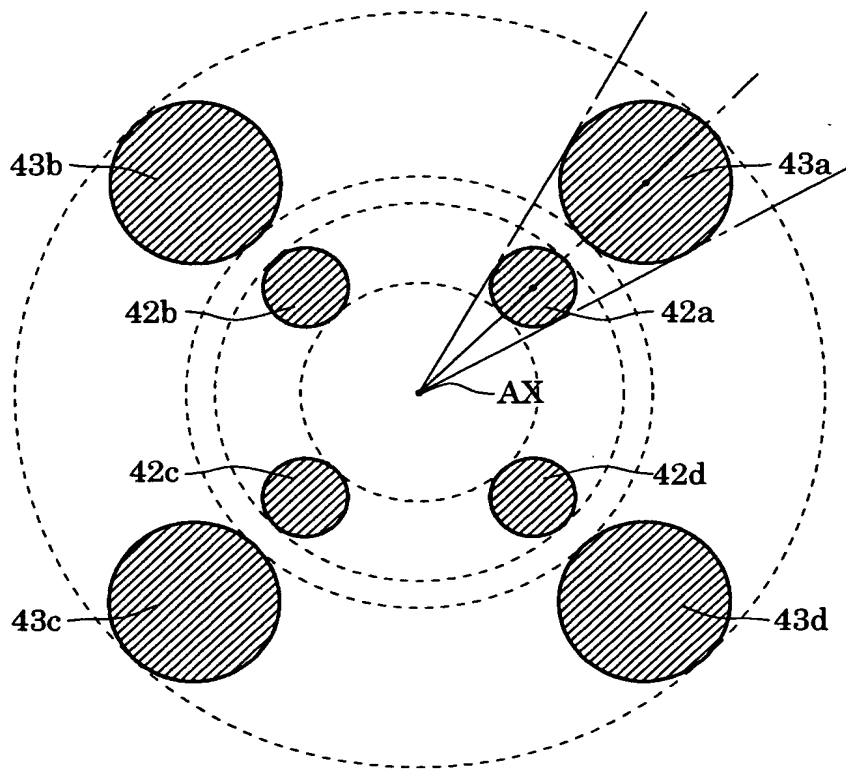
【図 11】



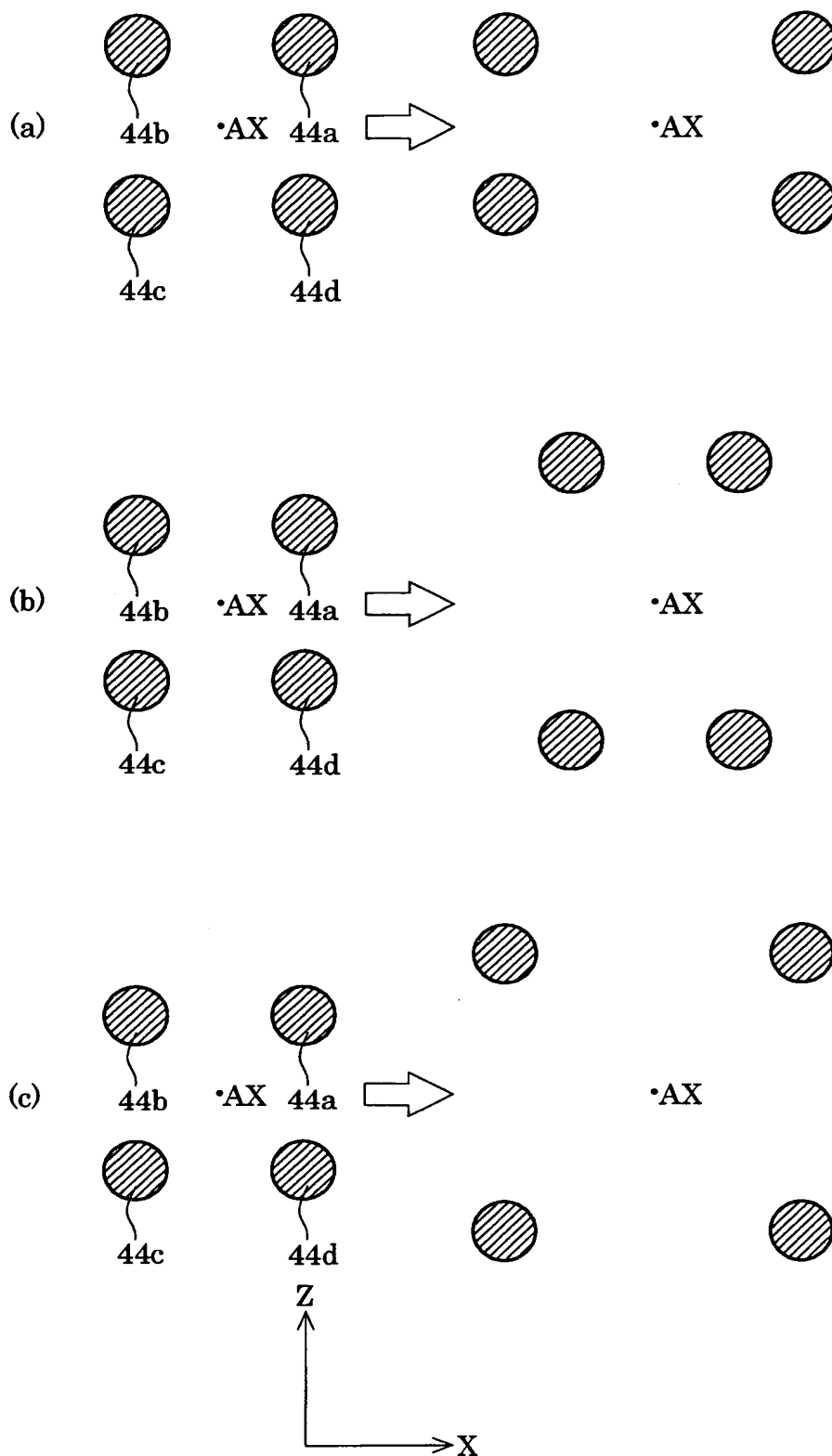
【図 12】



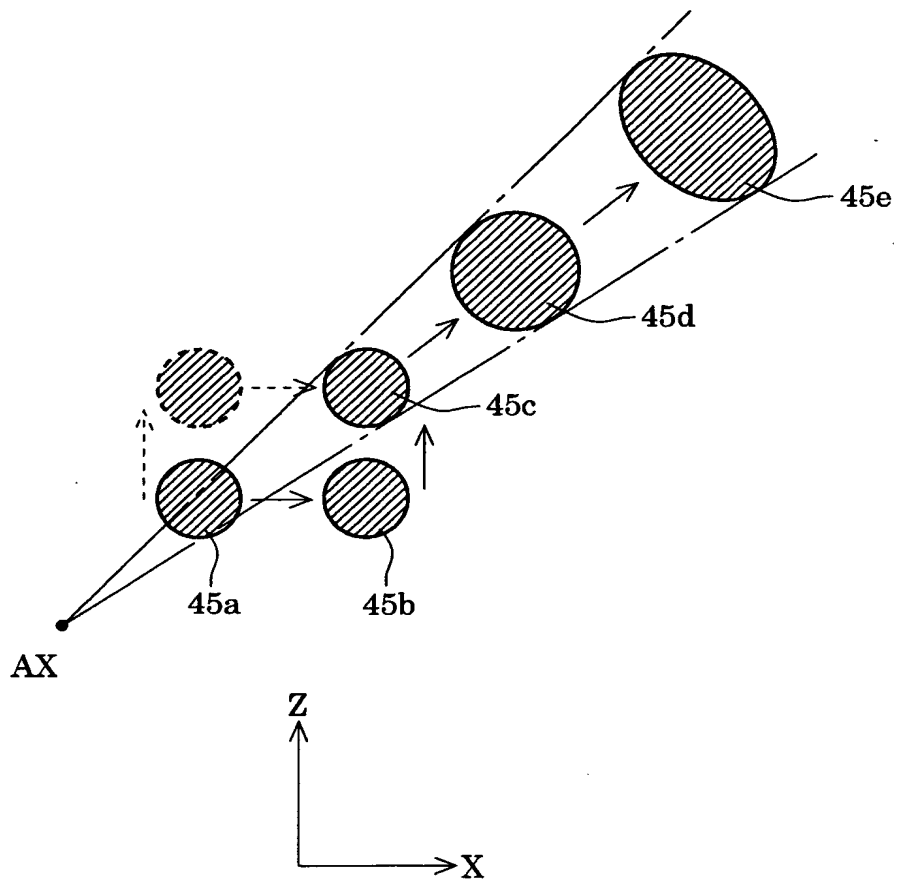
【図 1 3】



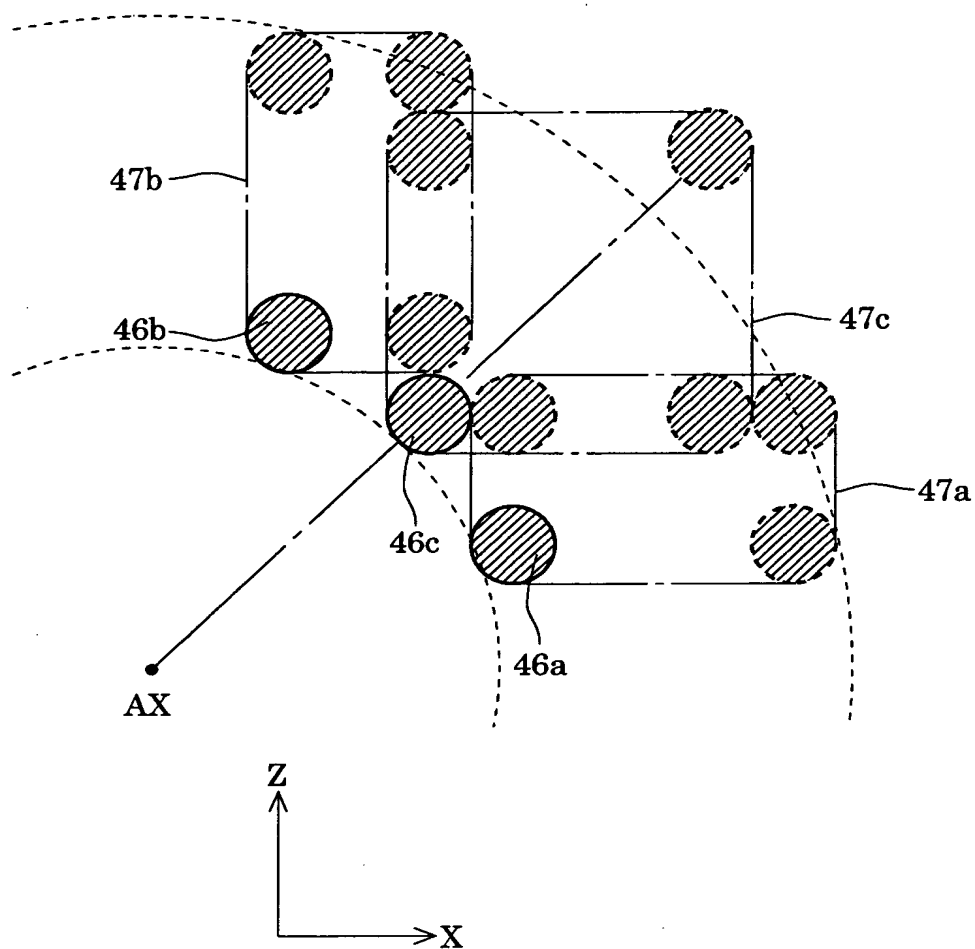
【図 1 4】



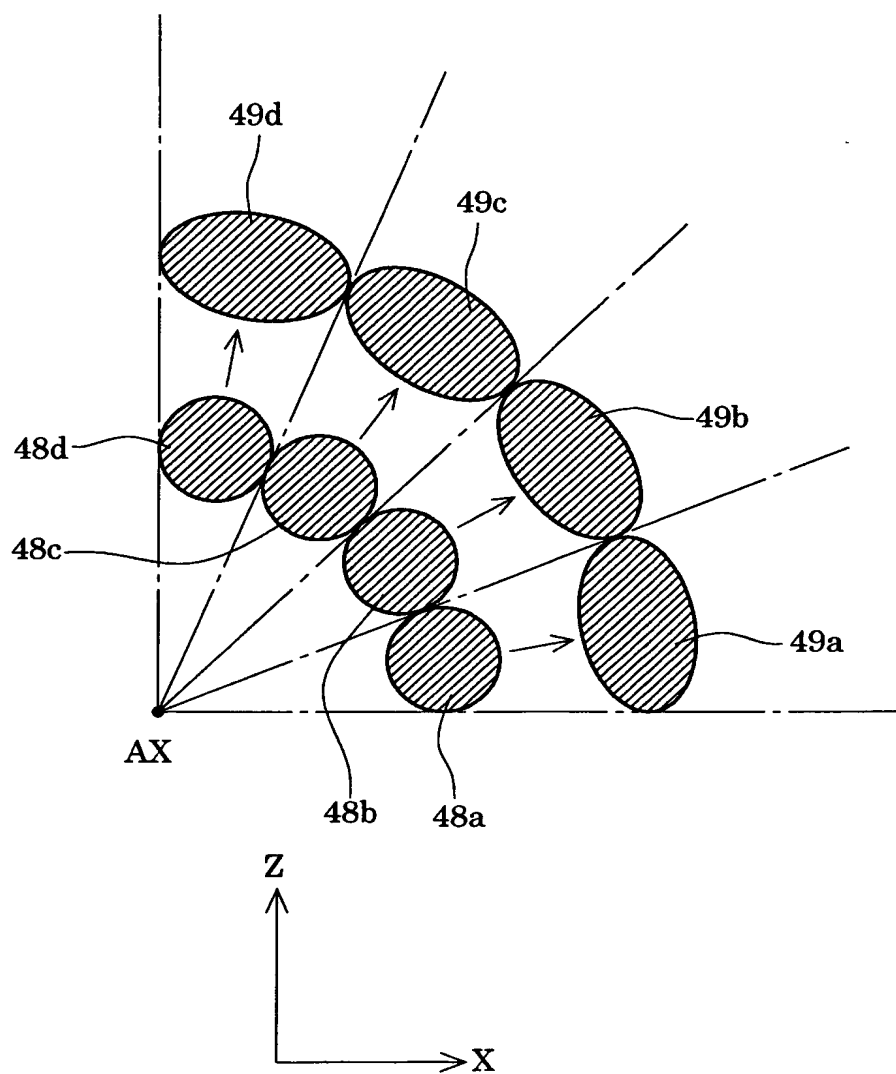
【図 1 5】



【図 1 6】

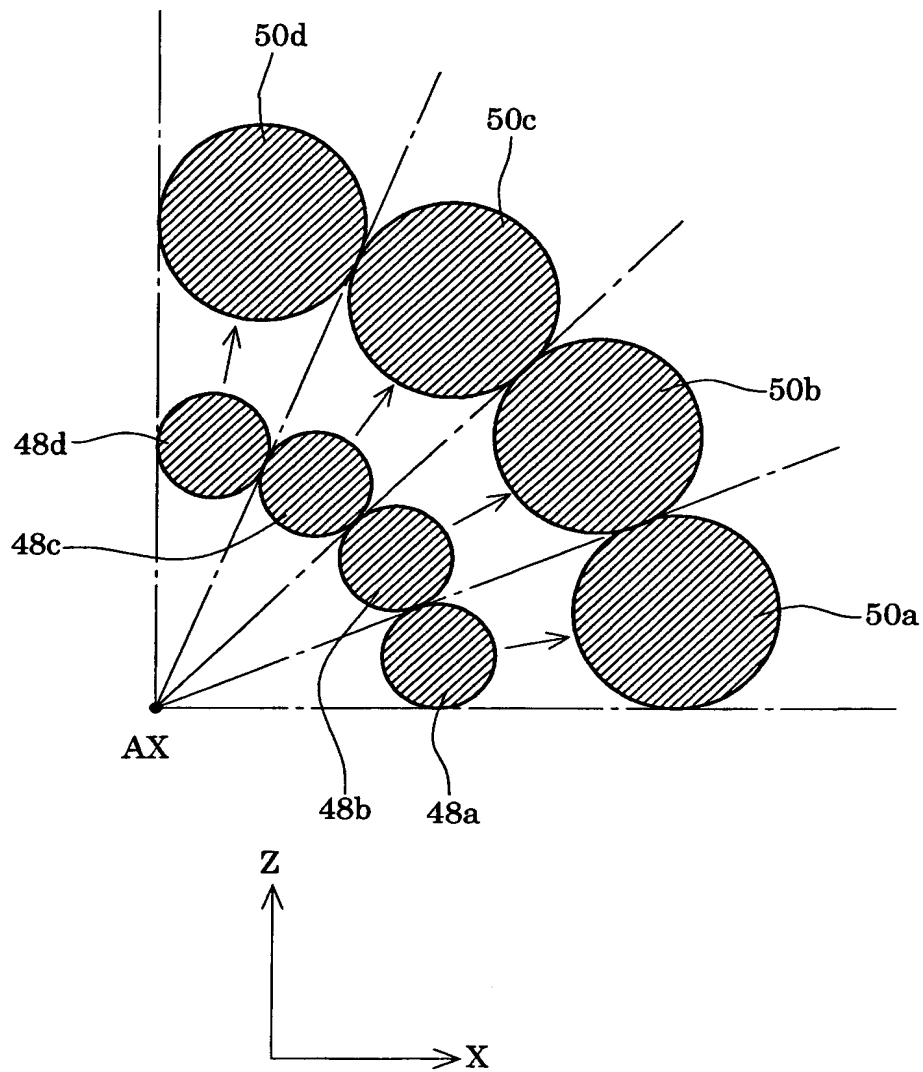


【図 1 7】

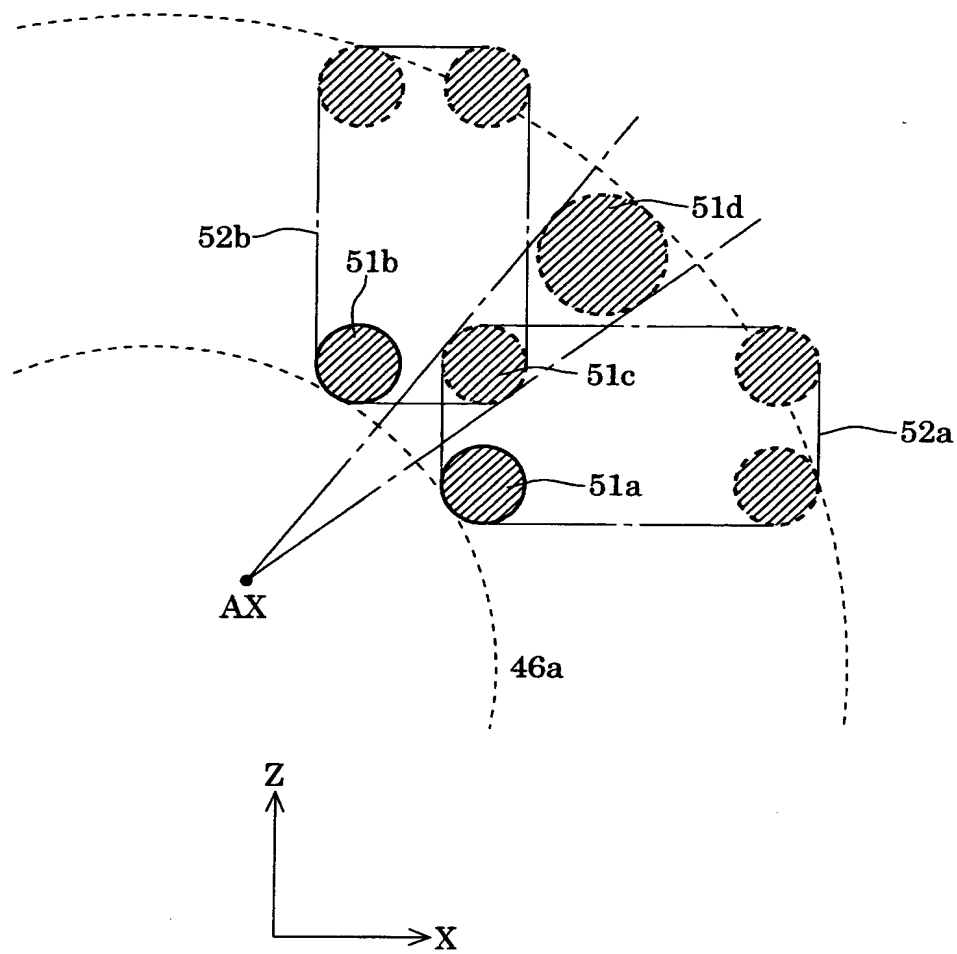




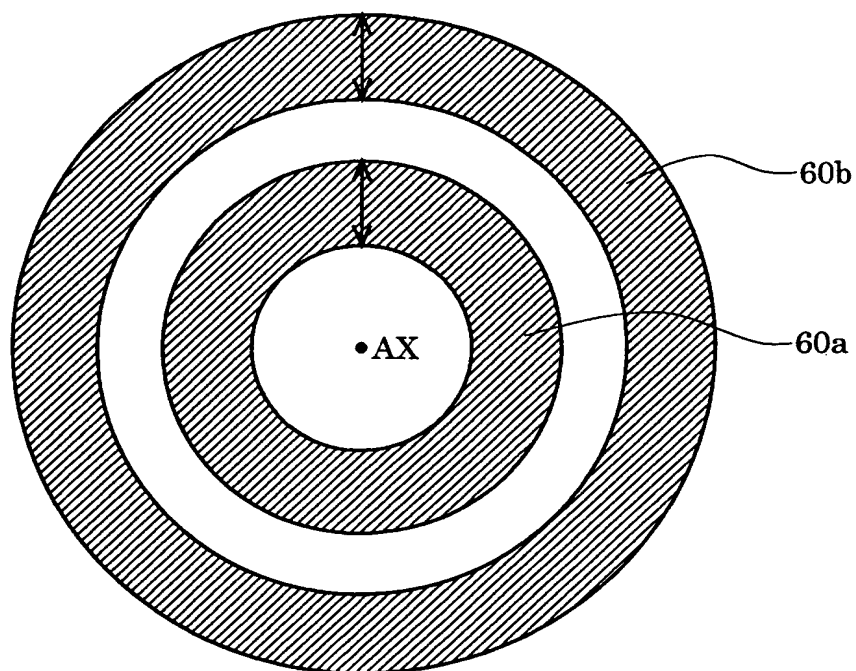
【図 1 8】



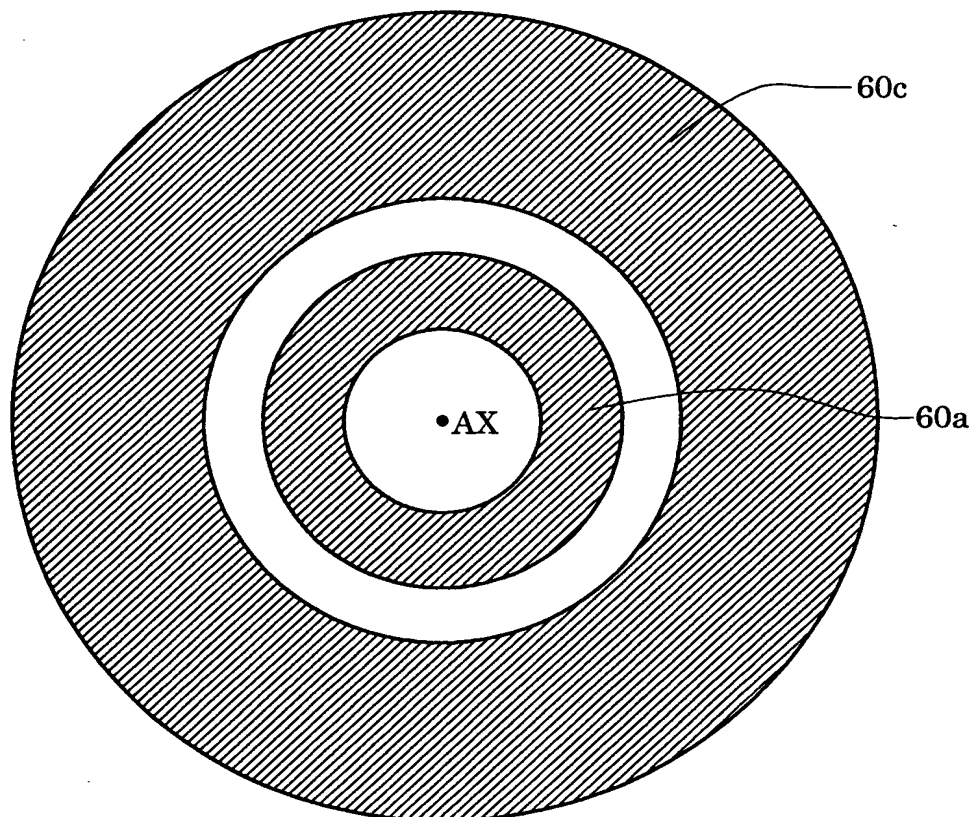
【図 1 9】



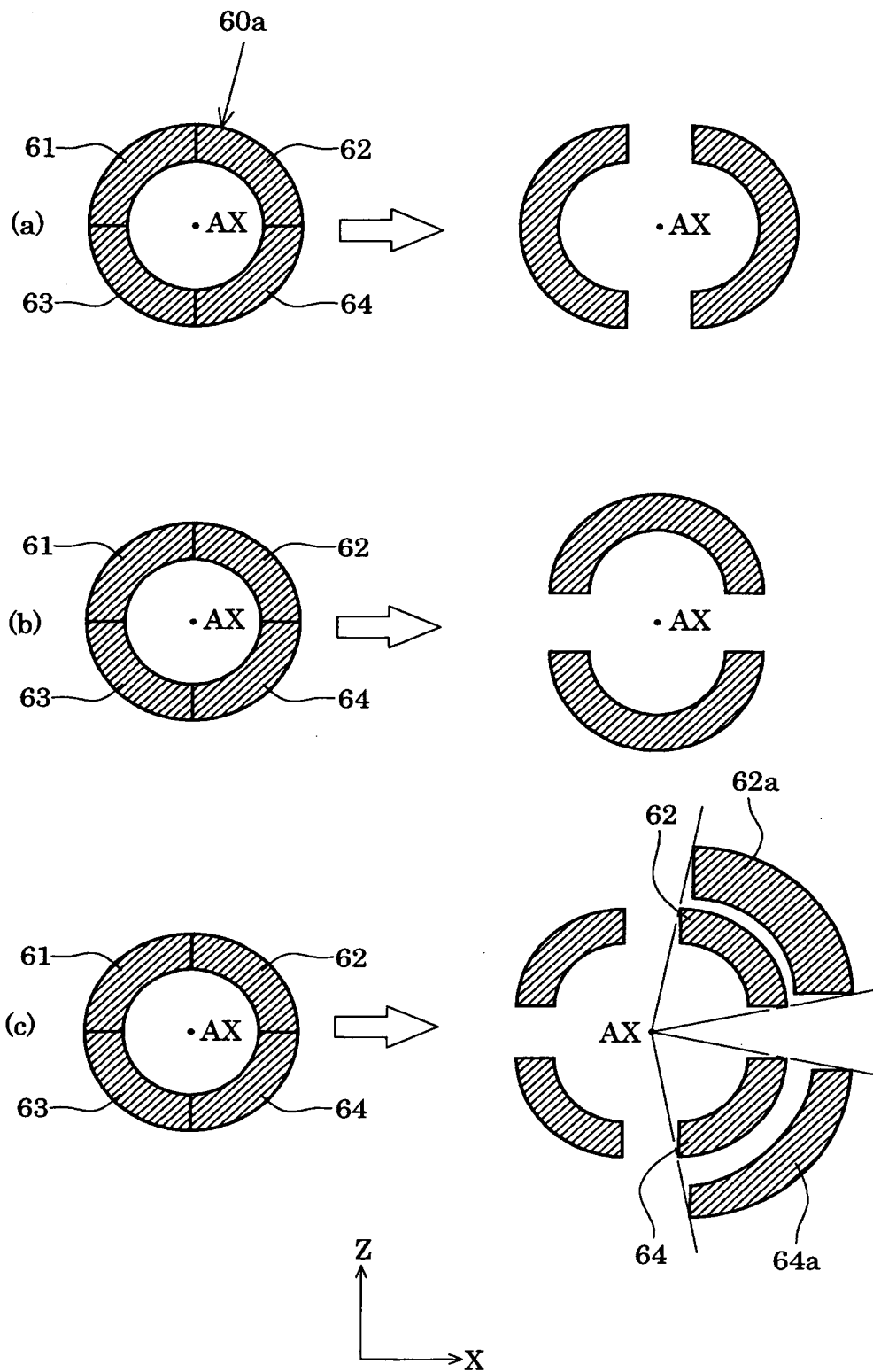
【図 2 0】



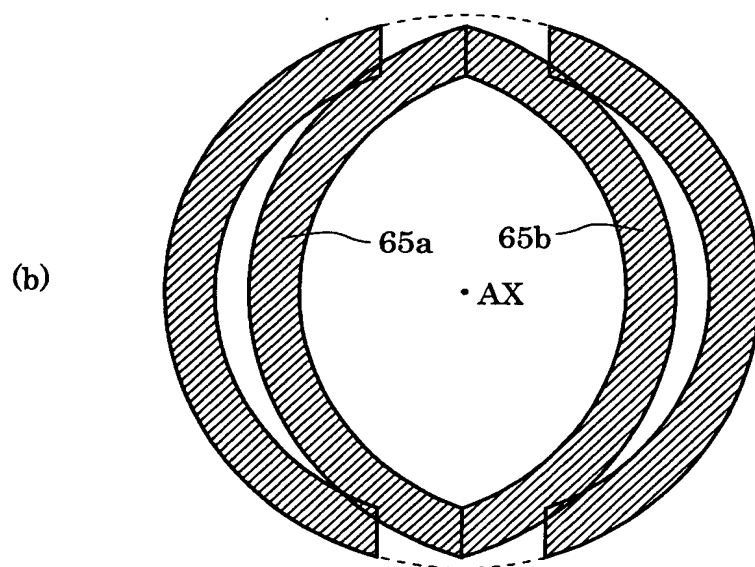
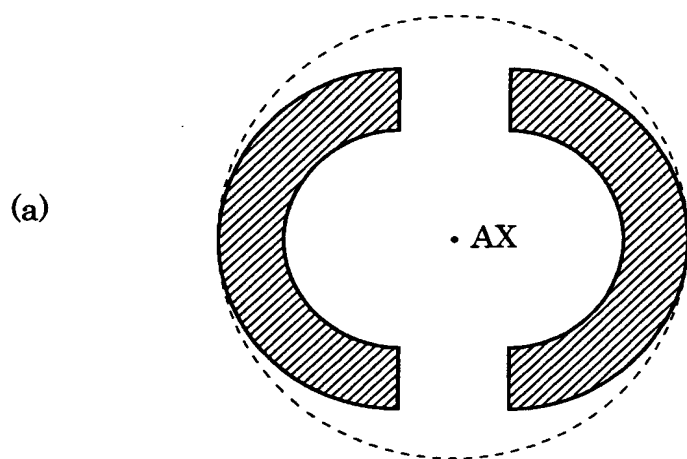
【図 2 1】



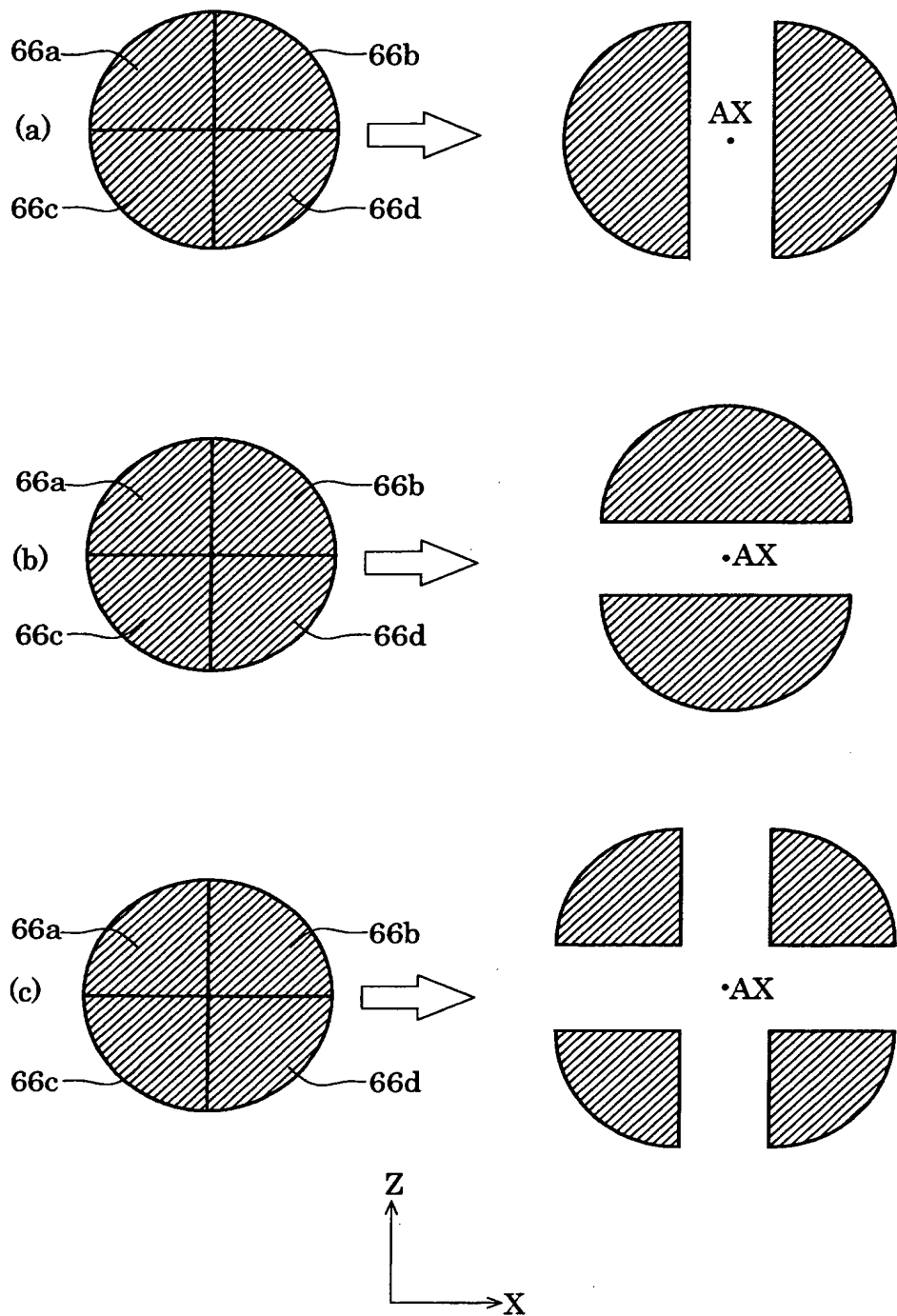
【図 2 2】



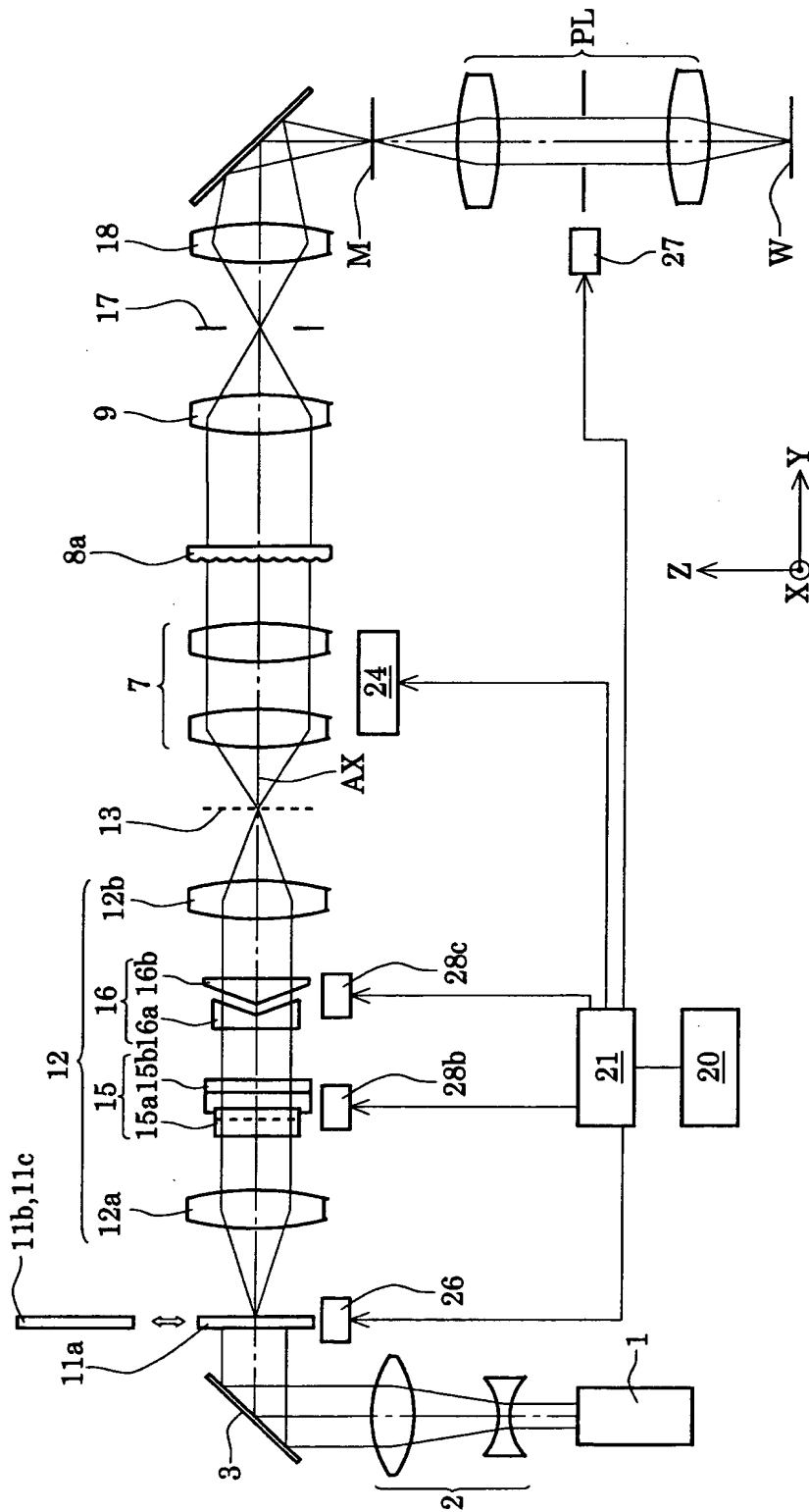
【図 2 3】



【図 2 4】

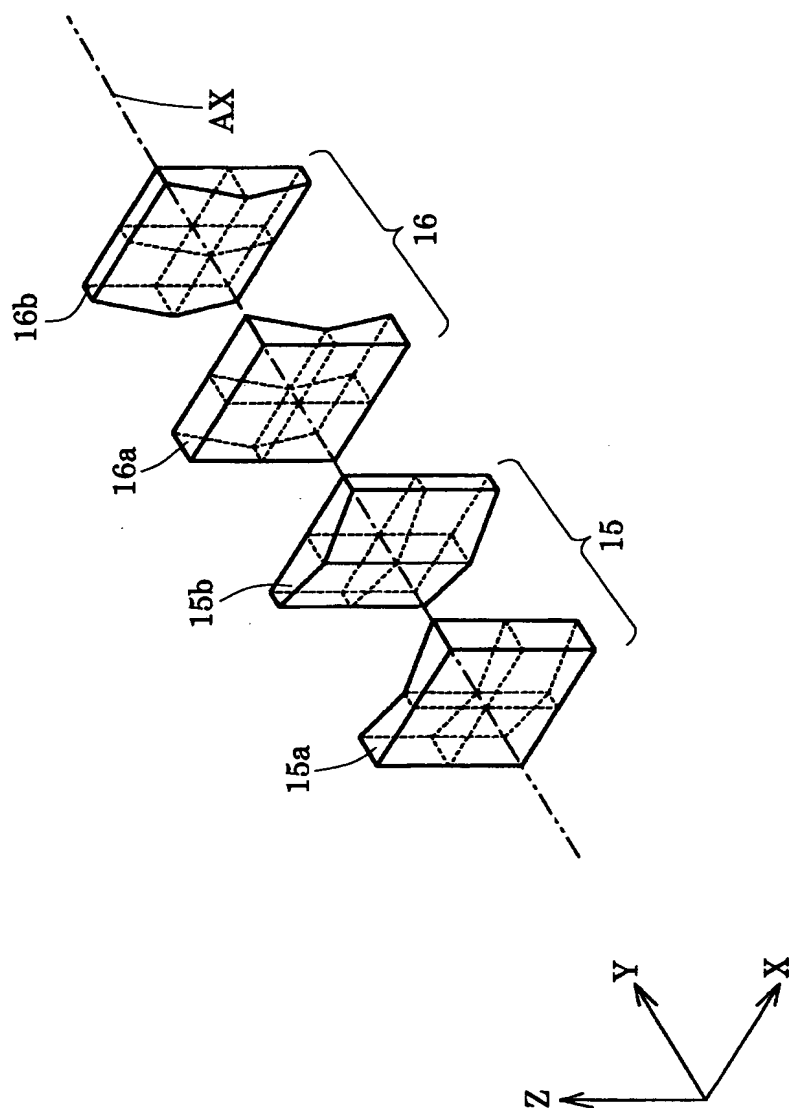


【図 25】

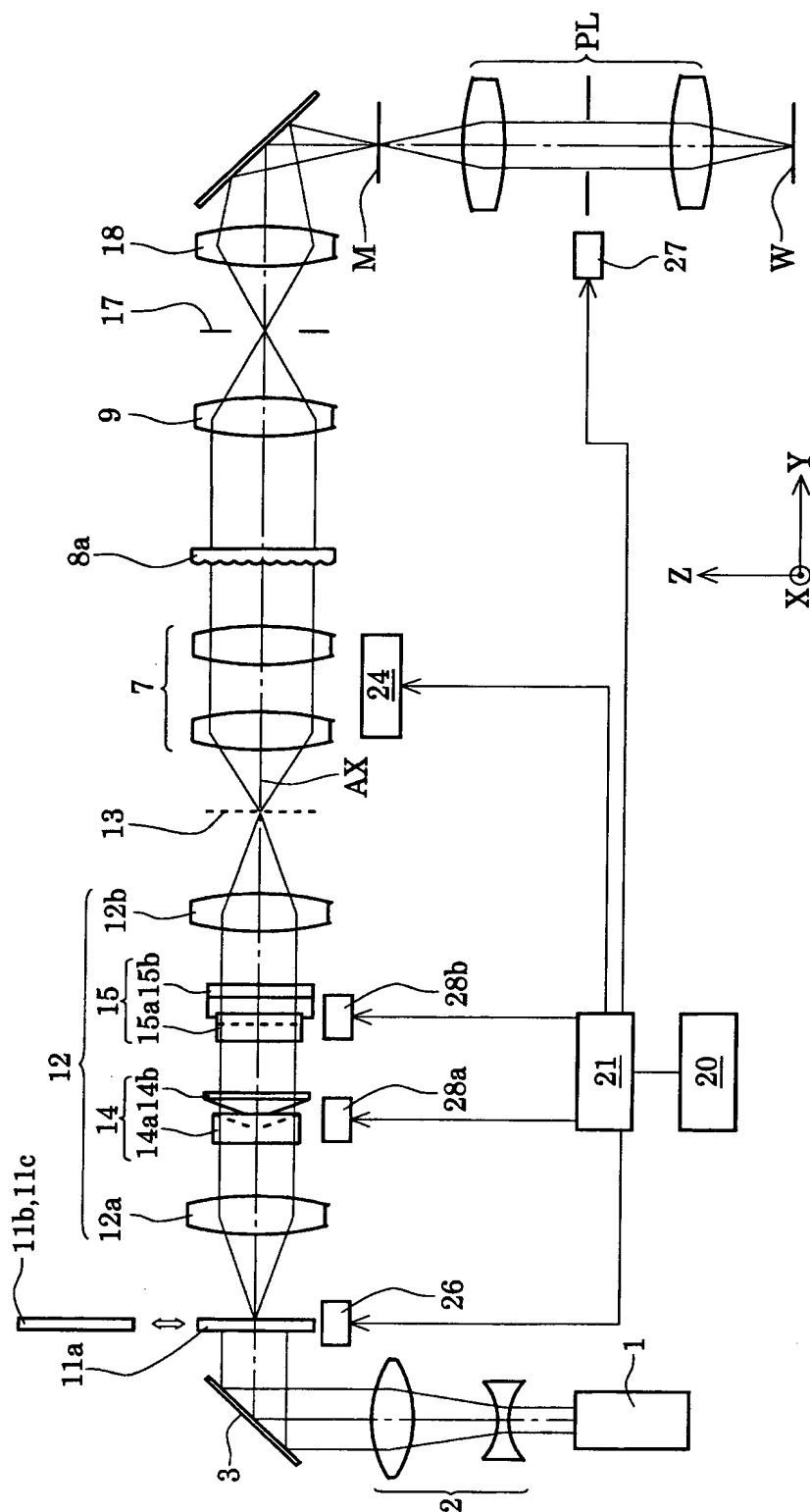




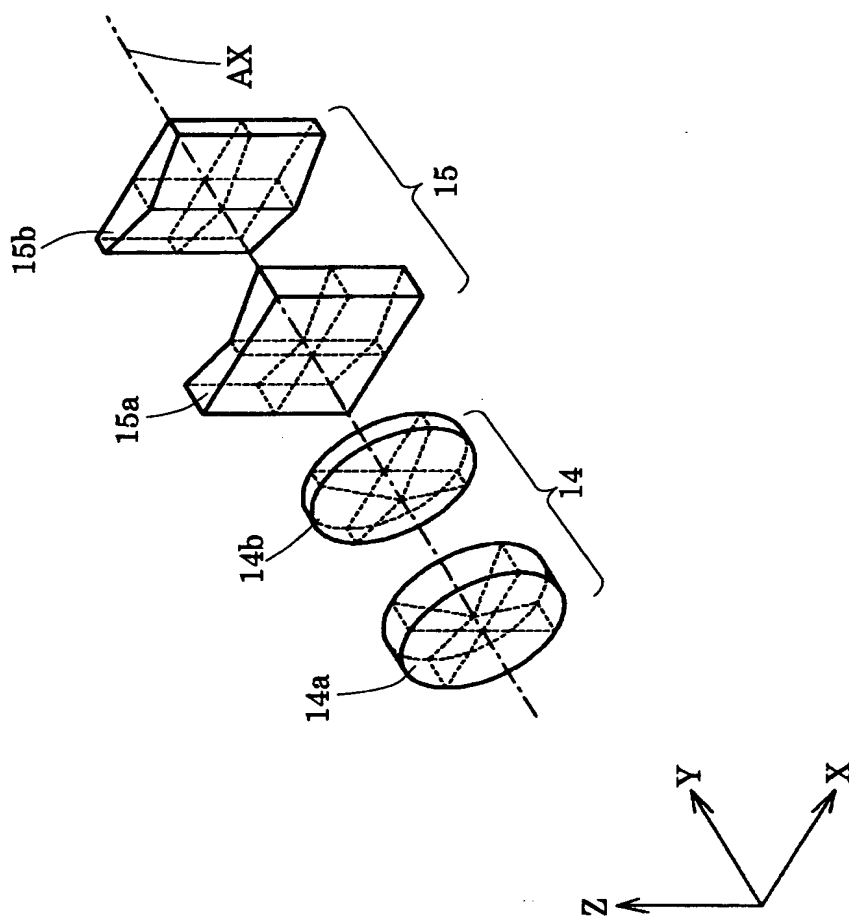
【図 2 6】



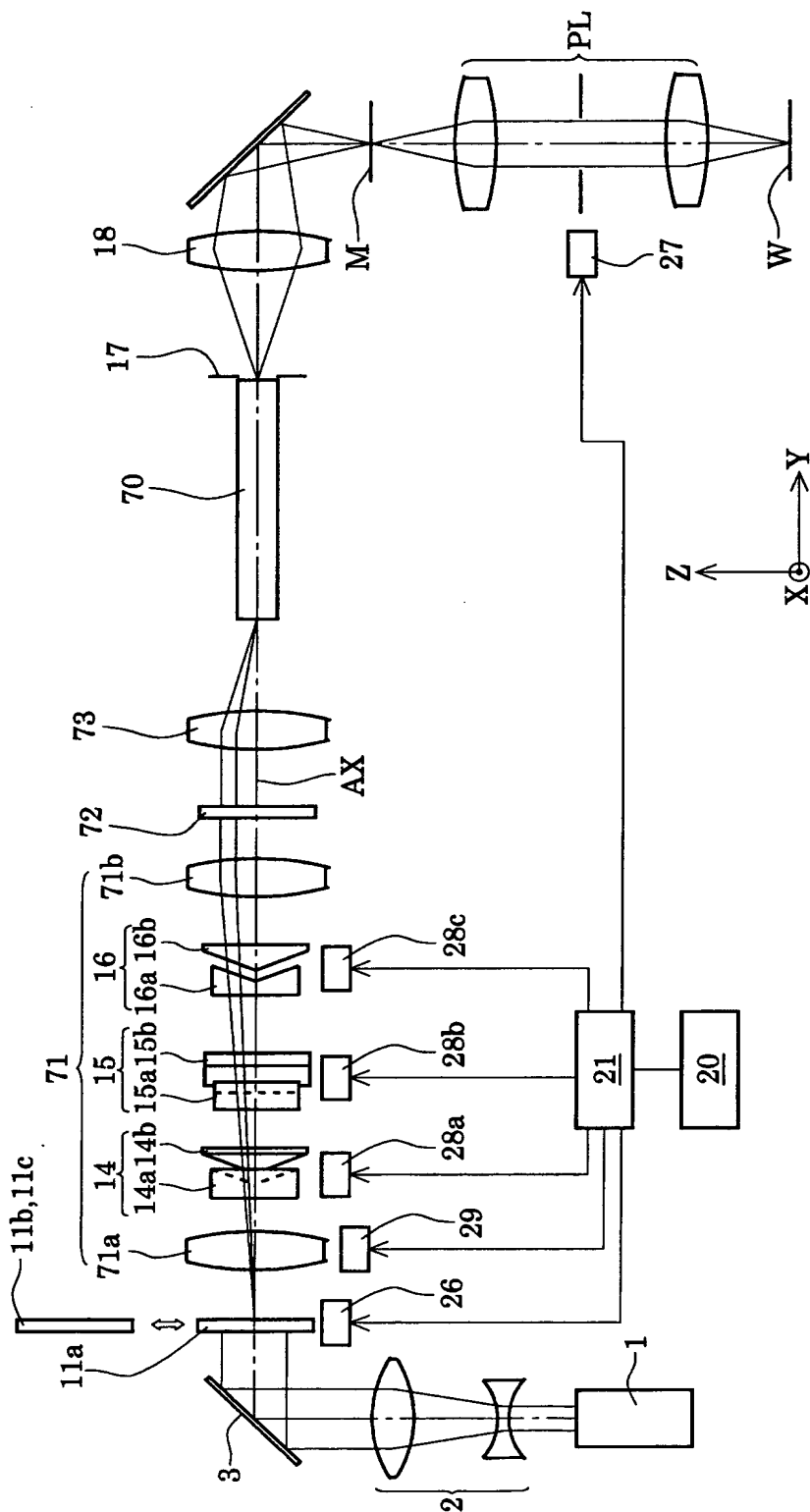
【图 2 7】



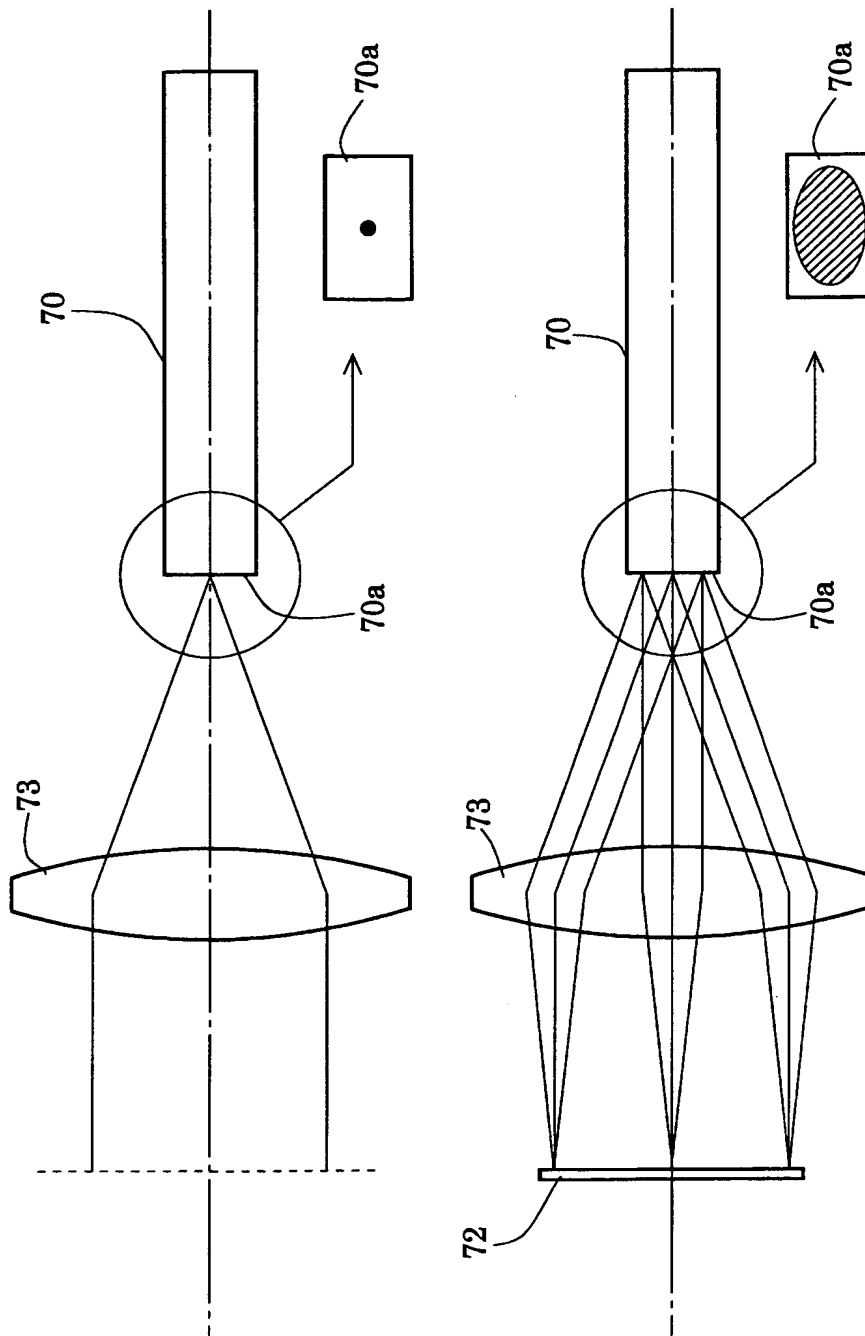
【図 2 8】



【図 29】



【図 3 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 被照射面上の直交する二方向で互いに異なる照明条件を実現することのできる照明光学装置。

【解決手段】 光源手段（１）からの光束に基づいて第１多数光源を形成するための第１オプティカルインテグレータ（６）と、第１多数光源からの光束に基づいてより多数の第２多数光源を形成するための第２オプティカルインテグレータ（８）との間の光路中に、第２多数光源の全体の大きさを相似的に変更するための変倍光学系（７）が配置されている。また、第１オプティカルインテグレータへの入射光束の所定方向に沿った入射角度を変化させるために入射光束の縦横比を変更する縦横比変更素子（１０）を備えている。

【選択図】 図１

特 2 0 0 1 - 0 7 4 2 4 0

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 1 - 0 7 4 2 4 0
受付番号	5 0 1 0 0 3 7 2 8 1 1
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0 0 9 4
作成日	平成 1 3 年 3 月 2 1 日

### < 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成13年 3月15日

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

氏 名 株式会社ニコン